



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORAMIENTO PRODUCTIVO APLICANDO VSM, 5'S Y TPM  
EN LA FABRICACIÓN DE MANGUERAS DE PLÁSTICO PARA  
LA EMPRESA PROCEFLEX**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**JUAN LUIS DÍAZ CASTILLO**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORAMIENTO PRODUCTIVO APLICANDO VSM, 5'S Y TPM  
EN LA FABRICACIÓN DE MANGUERAS DE PLÁSTICO PARA  
LA EMPRESA PROCEFLEX**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR: JUAN LUIS DÍAZ CASTILLO**

**DIRECTOR: Ing. JULIO CÉSAR MOYANO ALULEMA, Mg.**

Riobamba – Ecuador

2022

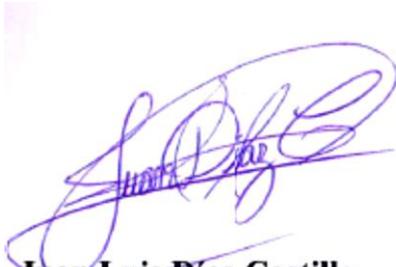
**©2022, Juan Luis Díaz Castillo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JUAN LUIS DÍAZ CASTILLO declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de noviembre del 2022



**Juan Luis Díaz Castillo**

**230043287-5**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **MEJORAMIENTO PRODUCTIVO APLICANDO VSM, 5'S Y TPM EN LA FABRICACIÓN DE MANGUERAS DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA PROCEFLEX**, realizado por el señor: **JUAN LUIS DÍAZ CASTILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-10
Ing. Julio César Moyano Alulema, Mg. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-10
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-10

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación, personifica esfuerzo constante por inferir conocimientos ,superación en la vida profesional y adoptar experiencia en la industria ecuatoriana, se lo dedico a la Fuerza OMNIPRESENTE y OMNIPOTENTE que aclaró mis dudas en iniciar y cumplir mis metas, también se lo dedico en especial a mis padres Juan Díaz Riofrío y Mélida Castillo Castillo , hermana Lisseth Díaz quienes me han apoyado en todo momento con amor, cariño, entusiasmo y sobre todo lo emocional en cada objetivo que anhelé además a mis tíos, abuelos, primos y novia, a todos los docentes que me impartieron su conocimiento técnico y tiempo prestado, compañeros de estudio y de vida que estuvieron presentes para ser mejor persona tanto intelectual como ética en cada una de mis decisiones.

***Juan***

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a mi familia por sus consejos en continuar mis estudios universitarios y no ceder ante las adversidades que se presentan a diario, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Carrera de Ingeniería Industrial, por haberme permitido formarme profesionalmente, a su vez a los miembros del tribunal quienes contribuyeron en el desarrollo de mi proyecto de titulación, con su orientación, paciencia y motivación. Mi gratitud al Sr. Vera Moreira Carlos Luciano presidente de Proceflex por permitirme desarrollar mi tema de titulación en las instalaciones de tan distinguida empresa santodomingueña. También expreso mi gratitud a mi director de tesis Ing. Julio César Moyano, y a mi asesor de tesis, Ing. Ángel Guamán Lozano; quienes con sus conocimientos y entereza en guiarme este proyecto universitario.

***Juan***

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	3
1.3	Justificación .....	4
1.3.1	<i>Justificación teórica</i> .....	4
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	4
1.3.3	<i>Justificación práctica</i> .....	4
1.4	Beneficiarios .....	5
1.4.1	<i>Beneficiarios directos</i> .....	5
1.4.2	<i>Beneficiarios indirectos</i> .....	5
1.4.3	<i>Alcance</i> .....	5
1.5	Objetivos .....	5
1.5.1	<i>General</i> .....	5
1.5.2	<i>Específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1	Antecedentes .....	7
2.1.1	<i>Estudio de tiempos</i> .....	7
2.1.1.1	<i>Cronometrar</i> .....	7
2.1.1.2	<i>Ábaco de Lifson</i> .....	7
2.1.1.3	<i>Sistema de valoración Westinghouse</i> .....	9
2.1.1.4	<i>Tiempo normal</i> .....	9

2.1.1.5	<i>Tiempo estándar</i> .....	10
2.1.1.6	<i>Cálculo de holguras o suplementos</i> .....	10
2.1.2	<b>Medición del trabajo</b> .....	11
2.1.2.1	<i>Diagrama de proceso</i> .....	11
2.1.2.2	<i>Diagrama de flujo o recorrido</i> .....	13
2.1.3	<b>Lean Manufacturing</b> .....	13
2.1.3.1	<i>Principios del pensamiento Lean</i> .....	14
2.1.3.2	<i>Estructura del Sistema Lean</i> .....	14
2.1.3.3	<i>Desperdicios</i> .....	15
2.1.4	<b>Herramientas Lean Manufacturing</b> .....	17
2.1.4.1	<i>VSM (Value Stream Mapping)</i> .....	17
2.1.4.2	<i>Metodología 5´S</i> .....	21
2.1.4.3	<i>Mantenimiento total productivo (TPM)</i> .....	22

### CAPÍTULO III

3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
3.1	<b>Tipo de estudio</b> .....	27
3.2	<b>Tipo de investigación</b> .....	27
3.2.1	<i>Investigación documental</i> .....	27
3.2.2	<i>Investigación descriptiva</i> .....	27
3.2.3	<i>Investigación de campo</i> .....	27
3.2.4	<i>Investigación exploratoria</i> .....	28
3.3	<b>Metodología</b> .....	28
3.3.1	<i>Método deductivo</i> .....	28
3.3.2	<i>Método inductivo</i> .....	28
3.4	<b>Técnicas para procesamiento de datos</b> .....	28
3.4.1	<i>Población</i> .....	28
3.4.2	<i>Encuestas</i> .....	28
3.5	<b>Diagnóstico situación inicial</b> .....	28
3.5.1	<i>Localización del proyecto</i> .....	28
3.5.2	<i>Productos</i> .....	29
3.5.3	<i>Identificación de los puestos de trabajo</i> .....	30
3.5.3.1	<i>Recepción de la materia prima</i> .....	30
3.5.3.2	<i>Clasificación de plástico</i> .....	30
3.5.3.3	<i>Aglutinadora del plástico</i> .....	31

3.5.3.4	<i>Sedimentación</i> .....	31
3.5.3.5	<i>Mezcladora</i> .....	31
3.5.3.6	<i>Extrusión de la manguera</i> .....	31
3.5.3.7	<i>Tinas de enfriamiento</i> .....	31
3.5.3.8	<i>Inspección de defectos</i> .....	32
3.5.3.9	<i>Triturar</i> .....	32
3.5.3.10	<i>Tensar-sujetar</i> .....	32
3.5.3.11	<i>Almacenamiento y sunchar</i> .....	32
<b>3.5.4</b>	<b><i>Mapa de procesos</i></b> .....	<b>32</b>
<b>3.5.5</b>	<b><i>Diagrama de flujo</i></b> .....	<b>33</b>
<b>3.5.6</b>	<b><i>Implementación Ábaco de Lifson</i></b> .....	<b>34</b>
3.5.6.1	<i>Cálculo de observaciones</i> .....	35
3.5.7	<i>Diagrama de recorrido</i> .....	38
3.5.8	<i>Diagrama de procesos (inicial)</i> .....	38
<b>3.6</b>	<b><i>Estandarización del proceso inicial</i></b> .....	<b>41</b>
<b>3.6.1</b>	<b><i>Codificación de actividades</i></b> .....	<b>41</b>
<b>3.6.2</b>	<b><i>Cálculo de tiempos observados</i></b> .....	<b>42</b>
3.6.2.1	<i>Promedio de tiempo observado</i> .....	43
<b>3.6.3</b>	<b><i>Valoración del ritmo de trabajo</i></b> .....	<b>43</b>
3.6.3.1	<i>Resumen del factor de valoración</i> .....	44
<b>3.6.4</b>	<b><i>Suplementos de trabajo</i></b> .....	<b>45</b>
3.6.4.1	<i>Promedio de suplementos de trabajo</i> .....	46
<b>3.6.5</b>	<b><i>Tiempo estándar inicial</i></b> .....	<b>46</b>
3.6.5.1	<i>Determinación del tiempo estándar en la recepción de materia prima</i> .....	46
3.6.5.2	<i>Determinación del tiempo estándar en el aglutinado</i> .....	46
3.6.5.3	<i>Determinación del tiempo estándar en el lavado</i> .....	47
3.6.5.4	<i>Determinación del tiempo estándar en el mezclado</i> .....	47
3.6.5.5	<i>Determinación del tiempo estándar en la extrusión</i> .....	47
3.6.5.6	<i>Determinación del tiempo estándar en el reproceso / trituración</i> .....	47
3.6.5.7	<i>Determinación del tiempo estándar en el tensado</i> .....	47
3.6.5.8	<i>Determinación del tiempo estándar en el almacenaje de rollos</i> .....	47
3.6.5.9	<i>Resumen del tiempo estándar de la línea de producción</i> .....	47
<b>3.6.6</b>	<b><i>Capacidad de producción estándar inicial</i></b> .....	<b>48</b>
3.6.6.1	<i>Jornada laboral</i> .....	49
3.6.6.2	<i>Capacidad de producción estándar</i> .....	49
<b>3.6.7</b>	<b><i>Mapeo de Flujo de Valor actual (VSM)</i></b> .....	<b>50</b>

<b>3.7</b>	<b>Cálculo de producción de situación inicial.....</b>	<b>52</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Análisis de tiempo de situación inicial .....</b>	<b>53</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Productividad inicial .....</b>	<b>54</b>
<b>3.7.2.1</b>	<b>Productividad de jornada laboral inicial .....</b>	<b>54</b>
<b>3.7.2.2</b>	<b>Productividad general de la situación inicial.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Capacidad de producción del proceso inicial.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7.3.1</b>	<b>Capacidad instalada .....</b>	<b>55</b>
<b>3.8</b>	<b>Tiempos lean iniciales .....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Lead time inicial.....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Takt time inicial.....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.2.1</b>	<b>Cálculo de tiempo disponible de trabajo .....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.2.2</b>	<b>Cálculo de tiempos no cíclicos.....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.2.3</b>	<b>Cálculo del tiempo real disponible laboral.....</b>	<b>56</b>
<b>3.8.2.4</b>	<b>Cálculo del Takt time .....</b>	<b>57</b>
<b>3.9</b>	<b>Análisis de costos de situación inicial .....</b>	<b>58</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Mano de obra directa inicial (MOD).....</b>	<b>58</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Costo de materia prima (MP).....</b>	<b>58</b>
<b>3.9.3</b>	<b>Costo total.....</b>	<b>59</b>
<b>3.9.4</b>	<b>Situación inicial 5´S.....</b>	<b>59</b>
<b>3.9.4.1</b>	<b>Análisis de la primera S – SEIRI.....</b>	<b>64</b>
<b>3.9.4.2</b>	<b>Análisis de la segunda S – SEITON .....</b>	<b>64</b>
<b>3.9.4.3</b>	<b>Análisis de la tercera S – SEISO.....</b>	<b>64</b>
<b>3.9.4.4</b>	<b>Análisis de la cuarta S – SEIKETSU.....</b>	<b>64</b>
<b>3.9.4.5</b>	<b>Análisis de la quinta S – SHITSUKE .....</b>	<b>65</b>
<b>3.9.4.6</b>	<b>PRIMERA S – SELECCIONAR.....</b>	<b>65</b>
<b>3.9.4.7</b>	<b>SEGUNDA S – ORGANIZAR.....</b>	<b>66</b>
<b>3.9.4.8</b>	<b>TERCERA S – LIMPIAR.....</b>	<b>66</b>
<b>3.9.5</b>	<b>Análisis de desperdicios .....</b>	<b>66</b>
<b>3.9.5.1</b>	<b>Identificación de defectos.....</b>	<b>67</b>
<b>3.10</b>	<b>Equipos y máquinas .....</b>	<b>68</b>
<b>3.11</b>	<b>Índice Overall Equipment Effectiveness actual.....</b>	<b>75</b>
<b>3.12</b>	<b>Metodología para el mejoramiento de la productividad .....</b>	<b>77</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>80</b>
-----------	------------------------	-----------

<b>4.1</b>	<b>Implementación de la herramienta 5'S</b> .....	<b>80</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Fase 1: Aplicación Seiri (Seleccionar)</b> .....	<b>80</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Fase 2: Aplicación Seiton (Ordenar)</b> .....	<b>88</b>
4.1.2.1	Normas para señalización.....	90
<b>4.1.3</b>	<b>Fase 3: Aplicación Seiso (Limpieza)</b> .....	<b>93</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Fase 4: Aplicación Seiketsu (Estandarización)</b> .....	<b>94</b>
4.1.4.1	Asignación de responsabilidades.....	94
4.1.4.2	Capacitación en mantener las 3S.....	95
<b>4.1.5</b>	<b>Fase 5: Aplicación Shitsuke (Seguimiento)</b> .....	<b>96</b>
4.1.5.1	Aplicación de auditoria.....	96
4.1.5.2	Estrategias para implementar shitsuke.....	100
<b>4.2</b>	<b>Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)</b> .....	<b>101</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Codificación de máquinas</b> .....	<b>101</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Mantenimiento preventivo de Aglutinadora MP-A1</b> .....	<b>103</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Mantenimiento preventivo de Banda de conteo MP-BC1</b> .....	<b>104</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Mantenimiento preventivo de Mezcladora MP-MI</b> .....	<b>105</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Mantenimiento preventivo de Trituradora MP-MT</b> .....	<b>105</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Mantenimiento preventivo de Compresor MP-C</b> .....	<b>106</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Mantenimiento preventivo de la Extrusora MP-EI</b> .....	<b>107</b>
4.2.7.1	Normas importantes de seguridad para la extrusora .....	108
4.2.7.2	Limpieza general del sistema de extrusión .....	109
<b>4.2.8</b>	<b>Formato de hoja de vida de la maquinaria</b> .....	<b>109</b>
<b>4.3</b>	<b>Diagrama de procesos actual</b> .....	<b>110</b>
<b>4.4</b>	<b>Estandarización del proceso con implementación lean</b> .....	<b>113</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Cálculo de tiempos observados actuales</b> .....	<b>113</b>
4.4.1.1	Promedio de tiempos observados actuales .....	113
<b>4.4.2</b>	<b>Valoración del ritmo de trabajo actual</b> .....	<b>114</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Suplementos de trabajo actuales</b> .....	<b>114</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Tiempo estándar propuesto</b> .....	<b>114</b>
4.4.4.1	Determinación del tiempo estándar en la recepción de materia prima.....	115
4.4.4.2	Determinación del tiempo estándar en el aglutinado .....	115
4.4.4.3	Determinación del tiempo estándar en el lavado.....	115
4.4.4.4	Determinación del tiempo estándar en el mezclado .....	115
4.4.4.5	Determinación del tiempo estándar en la extrusión .....	115
4.4.4.6	Determinación del tiempo estándar en el reproceso / trituración .....	115
4.4.4.7	Determinación del tiempo estándar en el tensado.....	115

4.4.4.8	<i>Determinación del tiempo estándar en el almacenaje de rollos</i> .....	115
4.4.4.9	<i>Resumen del tiempo estándar de la línea de producción</i> .....	116
<b>4.4.5</b>	<b><i>Capacidad de producción estándar actual</i></b> .....	<b>117</b>
4.4.5.1	<i>Jornada laboral</i> .....	117
4.4.5.2	<i>Capacidad de producción estándar</i> .....	117
<b>4.5</b>	<b>Mapeo de Flujo de Valor (VSM) actual</b> .....	<b>118</b>
<b>4.6</b>	<b>Cálculo de producción de situación actual</b> .....	<b>120</b>
<b>4.6.1</b>	<b><i>Análisis de tiempo de situación actual</i></b> .....	<b>120</b>
<b>4.6.2</b>	<b><i>Productividad actual</i></b> .....	<b>121</b>
4.6.2.1	<i>Productividad de jornada laboral actual</i> .....	122
4.6.2.2	<i>Productividad general de la situación actual</i> .....	122
<b>4.6.3</b>	<b><i>Capacidad de producción del proceso actual</i></b> .....	<b>123</b>
4.6.3.1	<i>Capacidad instalada</i> .....	123
<b>4.7</b>	<b>Tiempos lean actuales</b> .....	<b>123</b>
<b>4.7.1</b>	<b><i>Lead time actual</i></b> .....	<b>123</b>
<b>4.7.2</b>	<b><i>Takt time actual</i></b> .....	<b>123</b>
4.7.2.1	<i>Cálculo de tiempo disponible de trabajo</i> .....	123
4.7.2.2	<i>Cálculo de tiempos no cíclicos</i> .....	124
4.7.2.3	<i>Cálculo del tiempo real disponible laboral</i> .....	124
4.7.2.4	<i>Cálculo del Takt time</i> .....	124
<b>4.8</b>	<b>Análisis de costos de situación actual</b> .....	<b>125</b>
<b>4.8.1</b>	<b><i>Mano de obra directa (MOD)</i></b> .....	<b>125</b>
<b>4.8.2</b>	<b><i>Costo de materia prima (MP)</i></b> .....	<b>125</b>
<b>4.8.3</b>	<b><i>Costo total</i></b> .....	<b>126</b>
<b>4.9</b>	<b>Índice Overall Equipment Effectiveness actual</b> .....	<b>126</b>
<b>4.10</b>	<b>Aplicación de la prueba no paramétrica de Mann-Whitney</b> .....	<b>127</b>
<b>4.10.1</b>	<b><i>Planteamiento de hipótesis Mann-Whitney</i></b> .....	<b>129</b>
<b>4.10.2</b>	<b><i>Cálculo de valores U1 y U2</i></b> .....	<b>129</b>
<b>4.10.3</b>	<b><i>Comparación de valores calculados con valores críticos</i></b> .....	<b>129</b>
<b>4.10.4</b>	<b><i>Evaluación de hipótesis</i></b> .....	<b>130</b>
<b>4.11</b>	<b>Verificación de resultados</b> .....	<b>130</b>
<b>4.11.1</b>	<b><i>Análisis descriptivo</i></b> .....	<b>130</b>
<b>4.11.2</b>	<b><i>Análisis cuantitativo</i></b> .....	<b>131</b>
4.11.2.1	<i>Tiempo inicial vs tiempo actual en el área de producción</i> .....	131
4.11.2.2	<i>Situación inicial 5S vs situación actual 5S</i> .....	132
4.11.2.3	<i>Incremento de la productividad</i> .....	132

<i>4.11.2.4 Indicador OEE inicial vs OEE actual</i> .....	134
<i>4.11.2.5 Costos</i> .....	134
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>136</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de la actuación de Westinghouse.....	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Suplementos por descanso de la OIT .....	11
<b>Tabla 3-2:</b>	Resumen de la herramienta 5´S .....	22
<b>Tabla 4-2:</b>	Clasificación OEE .....	24
<b>Tabla 1-3:</b>	Macro localización de la fábrica Proceflex. ....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Micro localización de la fábrica Proceflex. ....	29
<b>Tabla 3-3:</b>	Variedad de mangueras plásticas.....	30
<b>Tabla 4-3:</b>	Tiempos observados del proceso de poliducto .....	35
<b>Tabla 5-3:</b>	Cálculo del factor B.....	36
<b>Tabla 6-3:</b>	Diagrama de procesos Proceflex (Parte 1 de 2).....	39
<b>Tabla 7-3:</b>	Diagrama de procesos Proceflex (Parte 2 de 2).....	40
<b>Tabla 8-3:</b>	Cuadro resumen (inicial) .....	41
<b>Tabla 9-3:</b>	Codificación de los elementos.....	42
<b>Tabla 10-3:</b>	Cálculo de tiempo promedio en recepción de materia prima .....	43
<b>Tabla 11-3:</b>	Cálculo de tiempo promedio en Proceflex .....	43
<b>Tabla 12-3:</b>	Valoración en el proceso de recepción de materia prima .....	44
<b>Tabla 13-3:</b>	Resumen factor de valoración de los operarios .....	45
<b>Tabla 14-3:</b>	Suplemento en el proceso de recepción de materia prima.....	45
<b>Tabla 15-3:</b>	Suplemento en el proceso en Proceflex.....	46
<b>Tabla 16-3:</b>	Resumen del tiempo estándar (Ts) total de cada operación .....	48
<b>Tabla 17-3:</b>	Registro de tiempo estándar promedio observado.....	52
<b>Tabla 18-3:</b>	Tiempo de producción inicial vs tiempo de promedio de producción.....	53
<b>Tabla 19-3:</b>	Medición del proceso inicial .....	54
<b>Tabla 20-3:</b>	Registro de tiempos observados .....	57
<b>Tabla 21-3:</b>	Costo de mano de obra directa (situación inicial) .....	58
<b>Tabla 22-3:</b>	Costo de materia prima (situación inicial).....	58
<b>Tabla 23-3:</b>	Costo total (situación inicial).....	59
<b>Tabla 24-3:</b>	Auditoria 5´S inicial .....	60
<b>Tabla 27-3:</b>	Registro de maquinaria (Aglutinadora) .....	69
<b>Tabla 28-3:</b>	Registro de maquinaria (Mezcladora) .....	70
<b>Tabla 29-3:</b>	Registro de maquinaria (Extrusora).....	71
<b>Tabla 30-3:</b>	Registro de maquinaria (Compresor) .....	72
<b>Tabla 31-3:</b>	Registro de maquinaria (Banda de Conteo).....	73

<b>Tabla 32-3:</b> Registro de maquinaria (Trituradora).....	74
<b>Tabla 33-3:</b> Cálculo OEE de la extrusora (MP-E1) .....	75
<b>Tabla 34-3:</b> Datos de tiempos improductivos .....	76
<b>Tabla 35-3:</b> Cuadro de metodología a implementar en Proceflex.....	77
<b>Tabla 1-4:</b> Elementos necesarios para la recepción de materia prima .....	82
<b>Tabla 2-4:</b> Elementos necesarios para el aglutinado .....	83
<b>Tabla 3-4:</b> Elementos necesarios para el mezclado.....	84
<b>Tabla 4-4:</b> Elementos necesarios para el lavado de impurezas .....	85
<b>Tabla 5-4:</b> Elementos necesarios para la extrusión .....	86
<b>Tabla 6-4:</b> Elementos necesarios para reproceso de productos defectuosos .....	87
<b>Tabla 7-4:</b> Elementos necesarios para el tensado.....	87
<b>Tabla 8-4:</b> Elementos necesarios para el almacenamiento.....	88
<b>Tabla 9-4:</b> Criterios de frecuencia y ubicación de objetos.....	89
<b>Tabla 10-4:</b> Situación inicial vs situación actual (seiton) .....	90
<b>Tabla 11-4:</b> Elementos necesarios para el almacenamiento.....	91
<b>Tabla 12-4:</b> Implementación de señaléticas .....	92
<b>Tabla 13-4:</b> Desechos generados en el área de producción de poliductos .....	94
<b>Tabla 14-4:</b> Auditoria actual Proceflex .....	97
<b>Tabla 15-4:</b> Porcentaje de cada “S” actual.....	100
<b>Tabla 16-4:</b> Codificación de maquinaria en Proceflex.....	102
<b>Tabla 17-4:</b> Actividades de mantenimiento (Aglutinadora).....	103
<b>Tabla 18-4:</b> Plan de mantenimiento (Aglutinadora).....	104
<b>Tabla 19-4:</b> Actividades de mantenimiento (Banda de conteo) .....	104
<b>Tabla 20-4:</b> Plan de mantenimiento (Banda de conteo) .....	104
<b>Tabla 21-4:</b> Actividades de mantenimiento (Mezcladora).....	105
<b>Tabla 22-4:</b> Plan de mantenimiento (Mezcladora).....	105
<b>Tabla 23-4:</b> Actividades de mantenimiento (Trituradora) .....	105
<b>Tabla 24-4:</b> Plan de mantenimiento (Trituradora) .....	106
<b>Tabla 25-4:</b> Actividades de mantenimiento (Compresor).....	106
<b>Tabla 26-4:</b> Plan de mantenimiento (Compresor).....	107
<b>Tabla 27-4:</b> Actividades de mantenimiento (Extrusora) .....	107
<b>Tabla 28-4:</b> Plan de mantenimiento (Extrusora) .....	108
<b>Tabla 29-4:</b> Formato sobre mantenimientos realizados .....	110
<b>Tabla 30-4:</b> Diagrama de procesos actual .....	111
<b>Tabla 31-4:</b> Formato sobre mantenimientos realizados .....	112
<b>Tabla 32-4:</b> Cálculo de tiempo promedio actual en la recepción de materia prima .....	113

<b>Tabla 33-4:</b>	Cuadro resumen de tiempos observados actuales.....	114
<b>Tabla 34-4:</b>	Resumen del tiempo estándar (Ts) total de cada operación .....	116
<b>Tabla 35-4:</b>	Registro de tiempo estándar promedio observado.....	120
<b>Tabla 36-4:</b>	Tiempo de producción vs tiempo promedio de producción .....	120
<b>Tabla 37-4:</b>	Medición del proceso actual .....	122
<b>Tabla 38-4:</b>	Registro de tiempos observados actuales .....	124
<b>Tabla 39-4:</b>	Costo de mano de obra directa (situación actual).....	125
<b>Tabla 40-4:</b>	Costo de materia prima (situación inicial).....	126
<b>Tabla 41-4:</b>	Costo total (situación actual).....	126
<b>Tabla 42-4:</b>	Cálculo OEE de la extrusora (MP-E1) actual.....	127
<b>Tabla 43-4:</b>	Registro de tiempos inicial y actual.....	128
<b>Tabla 44-4:</b>	Tiempos empleados ordenados en R1 y R2.....	128
<b>Tabla 45-4:</b>	Prueba de Mann-Whitney .....	130
<b>Tabla 46-4:</b>	Tiempos estándares iniciales vs actuales.....	131
<b>Tabla 47-4:</b>	Comparativa de las 5'S.....	132
<b>Tabla 48-4:</b>	Comparativa de la productividad.....	132
<b>Tabla 49-4:</b>	Comparativa del índice OEE .....	134
<b>Tabla 50-4:</b>	Comparativa de costos.....	134

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Código de identificación de resinas (RIC).....	2
<b>Ilustración 1-2:</b>	Ábaco de Lifson.....	8
<b>Ilustración 2-2:</b>	Simbología y actividades de operación.....	12
<b>Ilustración 3-2:</b>	Simbología y actividades de transporte .....	12
<b>Ilustración 4-2:</b>	Simbología y actividades de almacenamiento .....	12
<b>Ilustración 5-2:</b>	Simbología y actividades de retraso .....	13
<b>Ilustración 6-2:</b>	Simbología y actividades de inspección .....	13
<b>Ilustración 7-2:</b>	Ejemplo de diagrama de recorrido usando simbología ASME.....	13
<b>Ilustración 8-2:</b>	Casa Lean-TOYOTA .....	15
<b>Ilustración 9-2:</b>	Tipos de despilfarros.....	16
<b>Ilustración 10-2:</b>	Utilidades del VSM .....	18
<b>Ilustración 11-2:</b>	Ejemplo de cadena de valor .....	19
<b>Ilustración 12-2:</b>	Ejemplo de VSM actual .....	19
<b>Ilustración 13-2:</b>	Ejemplo de VSM futuro.....	20
<b>Ilustración 14-2:</b>	Simbología del flujo de materiales .....	21
<b>Ilustración 15-2:</b>	Simbología del flujo de información .....	21
<b>Ilustración 16-2:</b>	Pérdidas en equipos .....	23
<b>Ilustración 17-2:</b>	Ejemplo Diagrama de Pareto .....	25
<b>Ilustración 1-3:</b>	Mapa de Procesos fábrica Proceflex. ....	33
<b>Ilustración 2-3:</b>	Diagrama de flujo del proceso de Proceflex .....	34
<b>Ilustración 3-3:</b>	Ábaco de Lifson Cálculo de número de observaciones .....	37
<b>Ilustración 4-3:</b>	Diagrama de recorrido fábrica Proceflex .....	38
<b>Ilustración 5-3:</b>	Tiempo estándar total.....	48
<b>Ilustración 4-3:</b>	VSM inicial Proceflex .....	51
<b>Ilustración 7-3:</b>	Variabilidad del tiempo de producción.....	53
<b>Ilustración 8-3:</b>	Tiempo takt vs tiempo del proceso inicial .....	57
<b>Ilustración 8-3:</b>	Situación Inicial 5'S.....	63
<b>Ilustración 10-3:</b>	Situación actual - Primera S.....	65
<b>Ilustración 11-3:</b>	Situación actual - Segunda S.....	66
<b>Ilustración 12-3:</b>	Situación actual – Tercera S .....	66
<b>Ilustración 13-3:</b>	Productos defectuosos diarios.....	67
<b>Ilustración 14-3:</b>	Ubicación de máquinas y equipos.....	68
<b>Ilustración 15-3:</b>	Diagrama 80-20 relación a tiempos improductivos .....	76

<b>Ilustración 16-3:</b>	Esquema de mejora lean .....	79
<b>Ilustración 1-4:</b>	Pancarta 5´S .....	80
<b>Ilustración 2-4:</b>	Proceso SEIRI.....	81
<b>Ilustración 3-4:</b>	Proceso SEITON.....	89
<b>Ilustración 4-4:</b>	Comité 5´S .....	95
<b>Ilustración 5-4:</b>	Capacitación a trabajadores .....	96
<b>Ilustración 6-4:</b>	Situación actual 5S en Proceflex.....	100
<b>Ilustración 7-4:</b>	Planificación de puntos sobre la capacitación de TPM.....	101
<b>Ilustración 8-4:</b>	Tiempo estándar total .....	116
<b>Ilustración 9-4:</b>	VSM actual de Proceflex .....	119
<b>Ilustración 10-4:</b>	Tiempo estándar total.....	121
<b>Ilustración 11-4:</b>	Takt time vs tiempo del proceso actual.....	125
<b>Ilustración 12-4:</b>	Comparativa de tiempos .....	131
<b>Ilustración 13-4:</b>	Comparativa 5´S .....	132
<b>Ilustración 14-4:</b>	Comparativa de productividad laboral.....	133
<b>Ilustración 15-4:</b>	Comparativa de productividad general .....	133
<b>Ilustración 16-4:</b>	Comparativa del índice OEE .....	134
<b>Ilustración 17-4:</b>	Comparativa de costos por unidad .....	135

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ENCUESTA PARA SUPERVISOR
- ANEXO B:** ENCUESTA PARA TRABAJADORES
- ANEXO C:** CÁLCULOS
- ANEXO D:** VALORACIONES
- ANEXO E:** SUPLEMENTOS DE PROCESOS
- ANEXO F:** MANUAL
- ANEXO G:** MANUAL DE PROCEFLEX
- ANEXO H:** PASOS PARA LA LIMPIEZA
- ANEXO I:** CÁLCULOS

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto técnico fue mejorar la productividad aplicando VSM, 5'S y TPM en el proceso de fabricación de mangueras de plástico para la empresa Proceflex, especializada en la elaboración de poliductos para el sector agrícola y constructor ubicada en la ciudad de Santo Domingo; mediante la implementación de herramientas *lean manufacturing* tales como: Mapa de flujo de valor (VSM), Cinco "S" (5'S) y Mantenimiento total productivo (TPM). Se inicio registrando los tiempos desde la recepción de materia prima hasta el almacenamiento de producto terminado, para estandarizar el proceso e identificar la situación inicial de la empresa a través del VSM donde se conoció el tiempo de valor no añadido y tiempo de valor añadido con un total de 66 minutos por unidad produciendo 145 unidades mensualmente; se aplicó la auditoría inicial sobre la metodología 5'S arrojando un resultado del 42% de cumplimiento, lo cual la organización en orden y limpieza no son apropiados, además se realizó el cálculo de la Efectividad general del equipo (OEE) donde se producen objetos defectuosos obteniendo un 33% de cumplimiento en disponibilidad, eficiencia y calidad. Mediante la implementación de herramientas *lean* se optimizó el tiempo estándar a 49.44 minutos por unidad satisfaciendo a la demanda con 180 unidades mensuales, se elevó el porcentaje de cumplimiento de la metodología 5'S al 88%, a su vez se incrementó la métrica OEE al 77% representado como un proceso competitivo. En conclusión, la implementación de herramientas y metodologías esbeltas en apoyo de la estandarización del proceso se generó una productividad superior al 34.44% de rollos de poliductos con una capacidad instalada de 194 unidades mensuales y una reducción de 0.08 ctvs. por unidad. Para finalizar, se recomienda ejecutar autorías periódicas para garantizar la mejora continua en base a las técnicas y metodologías esbeltas.

**Palabras claves:** <LEAN MANUFACTURING> <ESTANDARIZACIÓN> <POLIDUCTOS> <VALUE STREAM MAPPING (VSM)> <METODOLOGÍA 5'S> <TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)>.

2238-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

This technical work aimed to improve productivity by applying Value Stream Mapping (VSM), 5'S and Total Productive Maintenance (TPM) in the manufacturing process of plastic hoses for the company Proceflex, specialized in the production of polyducts for the agricultural and construction sector located in the city of Santo Domingo; through the implementation of lean manufacturing tools such as: Value Stream Mapping (VSM), Five "S" (5'S) and Total Productive Maintenance (TPM). It started by recording the times from the reception of raw materials to the storage of the finished product, in order to standardize the process and identify the initial situation of the company through the VSM where the non-value-added time and value-added time was known with a total of 66 minutes per unit, producing 145 units per month. The initial audit on the 5'S methodology was applied, giving a result of 42% compliance, which is not appropriate for the organization in order and cleanliness. In addition, the calculation of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) was carried out, where defective objects are produced, obtaining 33% compliance in availability, efficiency and quality. The implementation of *lean* tools optimized the standard time to 49.44 minutes per unit, meeting demand with 180 units per month, raised the 5'S compliance rate to 88%. In turn, the OEE metric was increased to 77% represented as a competitive process. In conclusion, the implementation of lean tools and methodologies in support of process standardization generated a productivity of over 34.44% of polyduct rolls with an installed capacity of 194 units per month and reduction of 0.08 ctvs. per unit. It is recommended to perform periodic audits to guarantee continuous improvement based on lean techniques and methodologies.

**Keywords:** <LEAN MANUFACTURING> <STANDARDIZATION> <POLIDUCTS>  
<VALUE STREAM MAPPING (VSM)> <5'S METHODOLOGY> <TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)>.



**Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo**

**06026030938**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas industriales se encuentran en continuos cambios para adaptarse al cumplimiento de parámetros y objetivos de rentabilidad, competitividad y satisfacción hacia el cliente debido al incremento en la competencia del mercado para lo cual es necesario optimizar los porcentajes de productividad, reducir tiempos muertos, tener procedimientos estandarizados y con planes de mantenimiento en cada estación de manufactura de la industria.

Para llegar en todos los objetivos planteados en el sistema de producción en general se opta por la implementación de metodologías que ayuden en la organización y mejora continua como es “*Lean Manufacturing*”, la cual permitirá mejorar la productividad y tener ventajas competitivas.

En las empresas dedicadas a la fabricación de elementos plásticos como lo es Proceflex que se especializa en la distribución y elaboración de mangueras de plástico para la zona agrícola y constructora, algunas actividades representan tiempos improductivos que origina la disminución de productos finales, las mismas que se consideran pérdida de tiempo de producción, recursos como materia prima, mano de obra entre otros.

Estos procesos de manufactura también están inmersos equipos y máquinas que facilitan en la transformación de materia prima a producto terminado, una parte importante es en alargar la vida útil de estos equipos, eliminar productos defectuosos causados por mal funcionamiento de estas y evitar paros inesperados por averías, los cuales son evitados cuando se tiene mantenimientos ya sean planificados o planeados, autónomos, de calidad, entre otros.

Los denominados desperdicios *lean* son aquellos que no agregan valor al producto terminado por ende se requiere la aplicación de herramientas lean como VSM (*Value Stream Mapping*), 5S y TPM (*Total Productive Maintenance*) para disminuir o eliminar estas mudas y defectos en los productos que generan despilfarros en el área de producción.

Con este antecedente Proceflex, del cantón Santo Domingo de los Colorados provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas consiente de las ventajas que resulta en la ejecución de herramientas lean y debido a la presencia de desperdicios como actividades que generan pérdidas, falta de disciplina de limpieza y práctica de conocimiento empírico en las actividades del proceso es evidente la implementación de estas herramientas esbeltas en el proceso de fabricación de poliductos.

# CAPÍTULO I

## 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

Anualmente los habitantes del mundo entero producen alrededor de 300 millones de toneladas de residuos plásticos, pero solo el 14% es usado para el reciclaje, a nivel internacional el aumento constante de empresas enfocadas en el plástico no ha pasado desapercibido siendo un sector de alto crecimiento como lo afirma la revista FORBES. (Líderes, 2018; citados en Flexiplast, 2019)

La Sociedad de la Industria del Plástico creó un método universal ASTM (*American Society for Testing and Materials*) *Resin Identification Code* (RIC), como se puede visualizar en la Ilustración 1-1, para facilitar la identificación y saber si se puede reutilizar o reciclar plásticos posconsumo, ya que no todos los plásticos comparten sus mismas características física o químicas, principalmente para los plástico N°7 los cuales son difíciles de reciclar por contener mezclas de resinas entre ellas: policarbonato y ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). (Vela, 2021)



**Ilustración 1-1:** Código de identificación de resinas (RIC)

Fuente: (Vela, 2021)

Actualmente en el Ecuador se destaca la industria plástica en varios entornos como son el comercio, el sector agrícola, automotriz, bananero, entre otros. Según la presidenta de la Federación de Cámaras Industriales de Ecuador, Caterina Costa, manifiesta que el plástico ecuatoriano está escalando nuevas áreas de atención como la medicina, ciencia, el cultivo de alimentos también se caracteriza por ser un materia liviano, inocuo e inodoro. (Líderes, 2018)

La Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS), avala que este sector industrial está conformado por 600 empresas dedicadas a la fabricación, producción y manipulación de plástico en sus diversos procesos productivos, además esta industria aporta el 1.2% del Producto Interno Bruto (PIB) del país, dicho de otra manera, figura 1 200 millones de dólares. (Líderes, 2018)

El presidente de Aseplas, Alfredo Hoyos, indica que en el año 2014 trasladó 381 815 toneladas plásticas del exterior, pero en el año 2017 este valor disminuyó al importar 373 776 toneladas, es decir, una reducción del 2.12% de material plástico en el consumo de la ciudadanía ecuatoriana en empaques para alimentos, construcción, comercialización e higiene. (Líderes, 2018)

La provincia Tsáchila es considerada una zona en continuo crecimiento comercial y agrícola en los últimos años ha generado un significativo ingreso económico para la demanda a nivel nacional en productos plásticos en áreas dedicadas al cultivo, riego y construcción, por ende, cuenta con tres fabricantes de accesorios, poliductos y derivados plásticos como: Plásticos Vargas & Vargas, Rodriplast y Proceflex.

La empresa fabricante de mangueras de plástico Proceflex, es una compañía con 17 años de trayectoria, en la producción y distribución de mangueras plásticas por el Sr. Carlos Luciano Vera el 25 de octubre del 2005, cuyo objetivo inicial fue elaborar productos de calidad, cumpliendo con las exigencias de los clientes y mano de obra competente que permiten transformar el polímero reciclado en un producto con valor agregado que es la manguera negra de plástico.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En Ecuador existe desconocimiento sobre la aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* especialmente entre las pequeñas y medianas empresas; además las organizaciones industriales muestran un grado de incertidumbre ante los beneficios que ofrecen tales herramientas esbeltas. Sin embargo, los cuantiosos éxitos de implementaciones *Lean* demuestran resultados positivos para las empresas que se comprometen a realizar estos cambios.

Mediante la investigación realizada en la fábrica Proceflex, se determinó que en el área de producción de mangueras plásticas denota deficiencias en lo que respecta a la desorganización, por falta de dirección de filosofías sobre limpieza y orden, desperdicios de tiempos en los equipos de operación provocando artículos defectuosos al momento de extrusión de la manguera plástica, usos inadecuados de recursos internos de la fábrica.

El conocimiento empírico es un inconveniente al día de hoy en la ejecución de actividades de una industria en conjunto con la ausencia de estandarización en los procesos como se muestra en la fabricación porque las actividades de los operarios las han realizado por muchos años, y esto

genera errores y tiempos improductivos (*MUDAS*) en especial el área de extrusión y aglutinamiento de plástico ya que los empleados se guían de su experiencia adquirida por los años para el desarrollo de las tareas en sus respectivos sectores laborales.

Las máquinas y equipos que maneja una industria es indispensable mantener un funcionamiento continuo que recae en los respectivos mantenimientos ya sean preventivos, autónomos (*jishu houzen*), planificados, mantenimientos de calidad (*hinshitsu hozen*), etc.; mediante la observación e investigación se determinó que existe la falta de registros de planes de mantenimiento, la inoperatividad y fallos de máquinas como es el ejemplo en la ruptura huesillo helicoidal interno de la extrusora 2 ocasionando la disminución al 50% de producción en el área de inyección por ende es de suma importancia la construcción de un mantenimiento preventivo en las distintas áreas de producción.

Estos inconvenientes mencionados en el proceso generan un costo de producción elevado y un rendimiento productivo bajo referente a la demanda, también se muestra un ambiente laboral con falta de motivación y carencia del uso de dispositivos de seguridad.

### **1.3 Justificación**

#### ***1.3.1 Justificación teórica***

El presente proyecto de titulación, se enfoca en el mejoramiento de la productividad en el área de fabricación de mangueras de plástico reciclado, a través de revisión de artículos científicos, trabajos de titulación, bibliografía teórica, documentos técnicos, etc., dando resultados positivos para la mejora del proceso productivo, mejor control de la producción, tener un adecuado ambiente de trabajo, cumplir con los estándares de calidad establecidos por la empresa y los clientes, con ello cumplir con los objetivos específicos del trabajo.

#### ***1.3.2 Justificación metodológica***

Durante el desarrollo del trabajo de titulación en la fábrica de poliducto Proceflex, a través de herramientas *lean manufacturing* como lo son VSM (*Value Stream Map*), filosofía de orden y limpieza 5'S y TPM (Mantenimiento Total Productivo) complementado con técnicas y diagramas ingenieriles se alcanzará en mejorar el ambiente laboral, estandarización de procedimientos en el área de producción, disminuir objetos y herramientas en el área de producción y acondicionamiento de equipos que no poseían un correcto plan de mantenimiento.

#### ***1.3.3 Justificación práctica***

Por medio del estudio realizado, se acondicionó las instalaciones en cada subprocesso mediante la sectorización de procesos, capacitación del personal sobre la metodología 5'S y la señalización

de seguridad en la manufactura del poliducto, obteniendo un resultado de mejora al eliminar procedimientos que no aportan valor al producto, usos de planes de mantenimientos y optimización de los operarios en cada puesto de producción de Proceflex.

## **1.4 Beneficiarios**

### ***1.4.1 Beneficiarios directos***

Este proyecto técnico está enfocado en la mejora de la productividad en base al análisis e implementación de herramientas *lean manufacturing* para el control de despilfarros, reducción de defectos y conocer el cómo se encuentra los tiempos de actividades en el proceso mediante instrumentos y metodologías ingenieriles y tener un ambiente laboral disciplinado y limpio; estos beneficios que obtendrá la institución serán grandes avances en el camino empresarial de la fábrica Proceflex.

### ***1.4.2 Beneficiarios indirectos***

Las mejoras en la producción de mangueras de plástico a través de implementación de herramientas *lean*, beneficia de manera indirecta a la familia de los trabajadores y consumidores externos, ya que se generará un excelente ambiente de trabajo fomentando filosofías de limpieza, orden, seguridad y fabricando productos con mejor calidad respectivamente.

### ***1.4.3 Alcance***

El alcance que tiene este Trabajo de Titulación da a conocer en la optimización de la productividad en la fabricación de poliductos del plástico reciclado, eliminando desperdicios, mejorar el ambiente laboral y elaborando un plan de mantenimiento preventivo mediante herramientas *Lean* en el área de producción de la empresa Proceflex.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 General***

Mejorar la productividad aplicando VSM, 5´S y TPM en el proceso de fabricación de mangueras de plástico para la empresa Proceflex.

### ***1.5.2 Específicos***

- Diagnosticar la situación actual mediante la aplicación del VSM inicial, identificando los desperdicios *lean* que afectan la productividad del sistema.
- Evaluar el nivel 5´S actual de la empresa a fin de conocer el estado de orden y limpieza en el área de producción.
- Generar operaciones estandarizadas idóneos en la manufactura de poliductos de la empresa Proceflex.

- Elaborar un VSM mejorado para eliminar las causas y actividades que no agregan valor identificados en el VSM inicial.
- Elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas en el área de producción en base a la herramienta *lean* TPM.
- Implementar la herramienta de diagnóstico VSM, herramientas operativas tales como 5´S y TPM en el sistema productivo de Proceflex.
- Evaluar las mejoras realizadas comparando la situación inicial con la situación mejorada de la fábrica.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se caracteriza en determinar con mayor exactitud los tiempos estándar para cada ser humano que esté realizando alguna actividad dentro de un proceso, en base a una cantidad específica de observaciones (muestras). Es necesario esta herramienta para evitar tiempos ociosos de empleados y máquinas, pronosticar las insuficiencias de los equipos e identificar las cargas adecuadas de la maquinaria y operarios en sus puestos de trabajo. (Palacios, 2016, pp. 294 – 296)

##### 2.1.1.1 Cronometrar

###### 2.1.1.1.1 Hoja de observaciones

Son archivos con un fácil manejo, donde se registran los tiempos medidos de cada actividad o tareas; permitiendo determinar el promedio de estos tiempos, la respectiva valoración del ritmo de trabajo y holguras para así calcular el tiempo estándar. (Páez, 2018, pp. 16 – 17)

###### 2.1.1.1.2 Número de observaciones

Es importante la confiabilidad de los datos al momento de ser registrados en cada operación del proceso productivo denominados número de ciclos, por ende, al determinar el tiempo medio es recomendable usar procedimientos tales como *Ábaco de Lifson*, criterios de la General Electric, fórmulas estadísticas o tabla de Westinghouse. (Maizancho, 2021, p. 7)

###### 2.1.1.2 *Ábaco de Lifson*

Este método es usado para las observaciones necesarias en el cálculo de tiempo normal mediante una gráfica como se muestra en la ilustración 1-2, el cual parte con un número de observaciones  $n = 10$  y una desviación típica que reemplaza por el elemento B como se muestra a continuación.

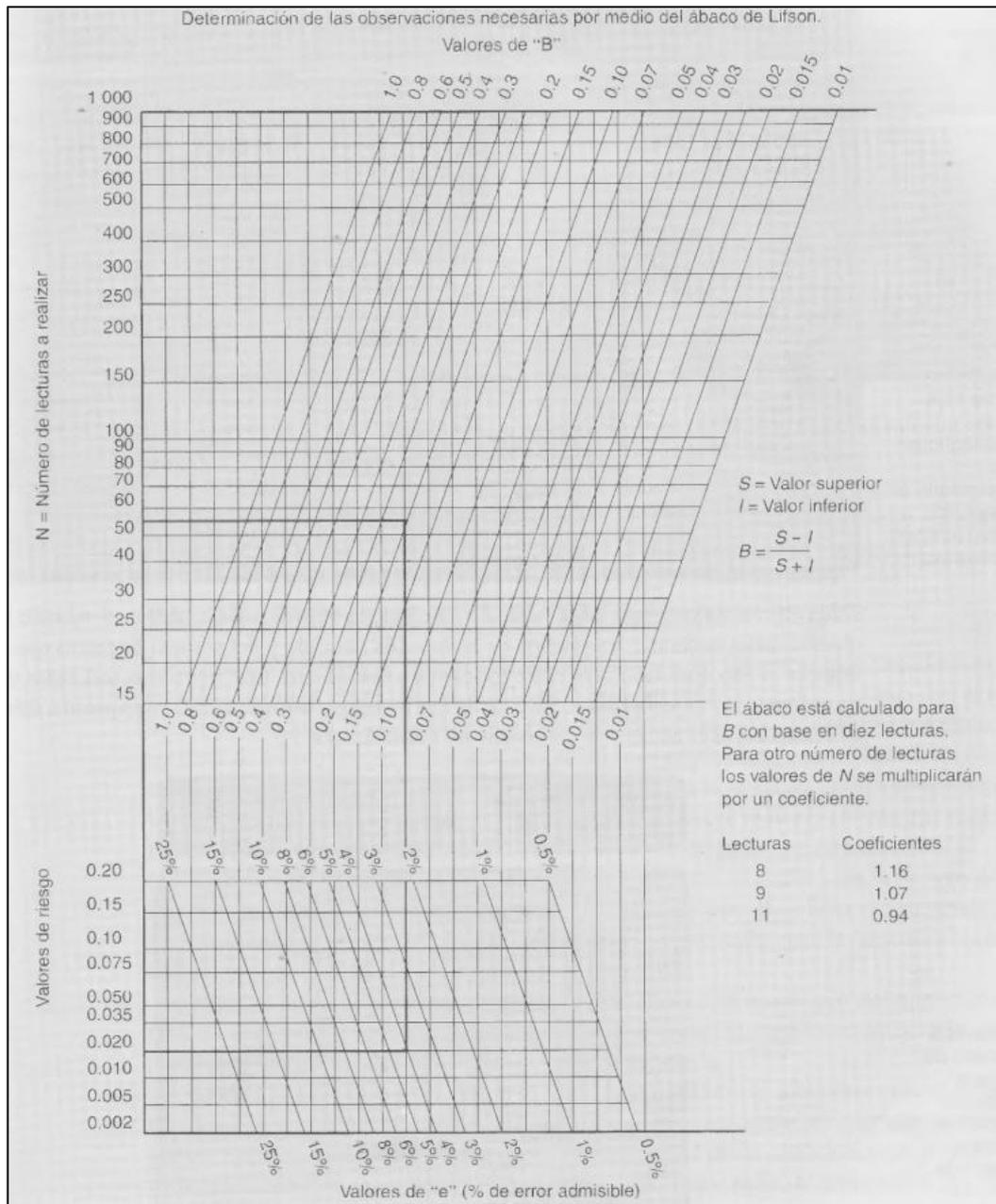
$$B = \frac{S - I}{S + I} \quad (1)$$

Donde:

S= tiempo superior

I= tiempo inferior

Notaremos que con ayuda del *Ábaco de Lifson* empezamos con un error tolerable al criterio del investigador y el valor del factor B deducido anteriormente, para así inferir el número de ciclos a calcular los cuales son siempre 10 anotaciones sin variar en cualquier proceso de estudio de tiempos confiables. (Mugmal, 2017, p. 24)



**Ilustración 1-2:** Ábaco de Lifson

**Fuente:** (García Criollo, 2005)

#### 2.1.1.2.1 Factor de Valoración o Calificación

La valoración es una herramienta que está inmersa en la asignación de holguras y el ritmo del trabajador promedio, cuyo objetivo es encontrar el tiempo estándar para determinar el volumen de trabajo en cada puesto de manipulación del proceso. (Maizancho, 2021, p.7 )

### 2.1.1.3 Sistema de valoración Westinghouse

Para determinar el tiempo requerido del trabajador promedio con una ocupación normal en el transcurso de sus tareas en el puesto de trabajo, (Mugmal, 2017, p.26) recomienda la tabla 1-2, la cual cuantifica la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia del operario.

**Tabla 1-2:** Clasificación de la actuación de Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0,15	A1	Extrema	+0,13	A1	Excesivo
+0,13	A2	Extraña	+0,12	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente	+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Buena	+0,05	C1	Bueno
+0,03	C2	Buena	+0,02	C2	Bueno
0,00	D	Regular	0,00	D	Regular
-0,05	E1	Aceptable	-0,04	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable	-0,08	E2	Aceptable
-0,16	F1	Deficiente	-0,12	F1	Deficiente
-0,22	F2	Deficiente	-0,17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0,06	A	Ideales	+0,04	A	Perfecta
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Buenas	+0,01	C	Buena
0,00	D	Regulares	0,00	D	Regular
-0,03	E	Aceptables	-0,02	E	Aceptable
-0,07	f	Deficientes	-0,04	F	Deficiente

Fuente: (Arrisiaga Litardo, 2021)

### 2.1.1.4 Tiempo normal

El tiempo normal es aquel valor que utiliza un trabajador, operario o persona en ejecutar una actividad a una constancia en condiciones normales o sin variables externos. (Páez, 2018, p. 20)

$$Tiempo\ normal = Tiempo\ observado * V \quad (2)$$

$$Tiempo\ normal = Tiempo\ observado [1 + (H + E + c + k)] \quad (3)$$

Donde:

V = Valoración de ritmo de trabajo.

H = Habilidad.

E = Esfuerzo.

C = Condiciones.

K = Consistencia.

#### 2.1.1.5 *Tiempo estándar*

El tiempo estándar, es el tiempo que un operario promedio, absolutamente capacitado demanda en cumplir su labor, se obtiene mediante el producto del tiempo normal por la sumatoria de la unidad y holguras ya sean suplementos constantes o variables definidos por la Organización Internacional del Trabajo. (Maizancho, 2021, pp. 28 – 29)

$$\textit{T tiempo estándar} = \textit{T tiempo normal} * (1 + S) \quad (4)$$

Donde:

S = Suplementos.

En este estudio el tiempo estándar nos ayudará en determinación el plazo de entrega hacia los consumidores, debido a unidades faltantes en la demanda mensual que debe cumplir lo cual ocasiona descontento por los clientes de mangueras plásticas.

#### 2.1.1.6 *Cálculo de holguras o suplementos*

Los suplementos son valores que se añaden al tiempo normal por la variabilidad de mantener el ritmo de operación de los trabajadores y al existir perturbaciones en la ejecución de estas actividades laborales ya sea por los mismos operarios, malestar laboral o deficiente ambiente de trabajo. (Maizancho, 2021, p. 9)

Estos valores son estudios con detenimiento por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la cual ha cuantificado en suplementos constantes y variables en la siguiente tabla 2-2, lo que facilita el mejor entendimiento al momento de ser evaluados.

**Tabla 2-2:** Suplementos por descanso de la OIT

SUPLEMENTOS CONSTANTES			E. Condiciones atmosféricas		
Suplementos por	H	M	kata (milicalorías/cm2/segundo)		
Necesidades personales	5	7	16	0	
Suplementos base por fatiga	4	4	14	0	
SUPLEMENTOS VARIABLES			12	0	
A. Por trabajar de pie	2	4	10	3	
B. Por postura anormal			8	10	
Ligeramente incómoda	0	1	6	21	
Incómoda (inclinado)	2	3	5	31	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	4	45	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular			3	64	
Peso levantado por kilogramo			2	100	
2,5	0	1	F. Concentración intensa	M	F
5	1	2	Trabajos de cierta precisión	0	0
7,5	2	3	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
10	3	4	Trabajos de gran precisión	5	5
12,5	4	6	G. Ruido		
15	5	8	Continuo	0	0
17,5	7	10	Intermitente y fuerte	2	2
20	9	13	Intermitente y muy fuerte	5	5
22,5	11	16	Estridente y fuerte	7	7
25	13	20 (máx)	H. Tensión mental		
30	17		Proceso bastante complejo	1	1
33,5	22		Proceso complejo	4	4
D. Mala iluminación			Proceso muy complejo	8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	I. Monotonía		
Bastante por debajo	2	2	Trabajo algo monótono	0	0
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: (Organización Internacional del Trabajo, 2017)

Realizado por: Maizancho, Byron, 2021

### 2.1.2 Medición del trabajo

La medición del trabajo forma parte con la Ingeniería de Métodos en conjunto con el estudio de tiempos en cada actividad laboral, que se encarga de disminuir el trabajo de cada actividad realizada por los operarios en cambio la medición del trabajo tiene como objetivo conocer el tiempo ejercido por el operario mediante diagramas de procesos, de flujos, recorridos, etc.; para saber las condiciones laborales. (Rodríguez et al., 2020: p. 33)

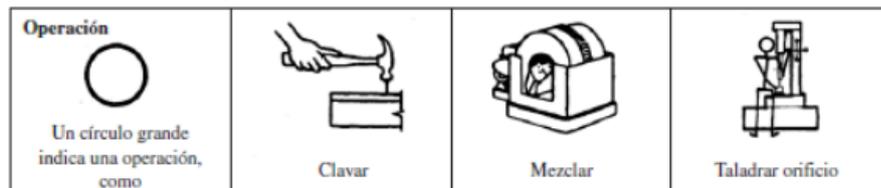
#### 2.1.2.1 Diagrama de proceso

Este diagrama nos ayuda a entender gráficamente como está compuesta cada actividad del proceso total mediante simbologías de operación, inspección, transporte, demora y almacenamiento, por ende, dentro del análisis que se está realizando estandarizar procedimientos, mejorar las actividades de los operarios y disminuir *mudas* en el proceso productivo, además muestra de

forma clara la sucesión de información, desde la materia prima hasta en almacenamiento del producto final. (Díaz, 2014, p. 34)

Los principales símbolos son los siguientes:

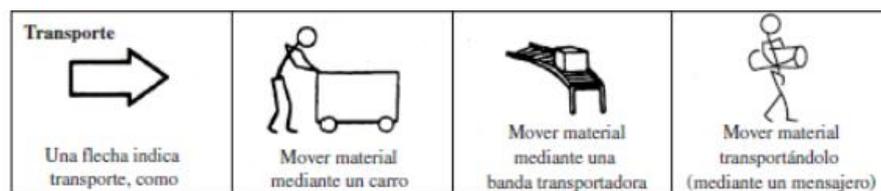
- **Operación.** – Muestra de elaboración o cambio de la materia prima en un lugar determinado del proceso productivo. (Páez, 2018, p.11 )



**Ilustración 2-2:** Simbología y actividades de operación

Fuente: (Nebel & Freivalds, 2009)

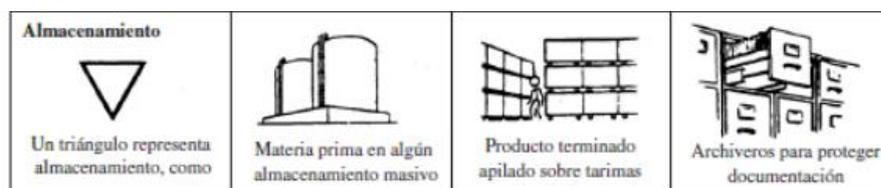
- **Transporte.** – Es la acción de trasladar el producto de un puesto de trabajo, lugar o espacio a otro. (Páez, 2018, p. 12)



**Ilustración 3-2:** Simbología y actividades de transporte

Fuente: (Nebel & Freivalds, 2009)

- **Almacenamiento.** – Indica el momento que el producto manufacturado no está bajo ningún parámetro de inspección, operación ni transporte, es decir, se encuentra vigilado en un almacén. (Páez, 2018, p. 13)



**Ilustración 4-2:** Simbología y actividades de almacenamiento

Fuente: (Nebel & Freivalds, 2009)

- **Retraso.** – Es identificada con la paralización del procedimiento productivo entre la actividad lindante y la acción subsiguiente. (Páez, 2018, p. 12)



**Ilustración 5-2:** Simbología y actividades de retraso

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

- **Inspección.** – En esta sección se verifica si la actividad u operación se realizó de manera correcta con respecto a la calidad, es decir, un operario compare la características y parámetros de calidad cumplan con el objetivo de la empresa. (Páez, 2018, p. 12)

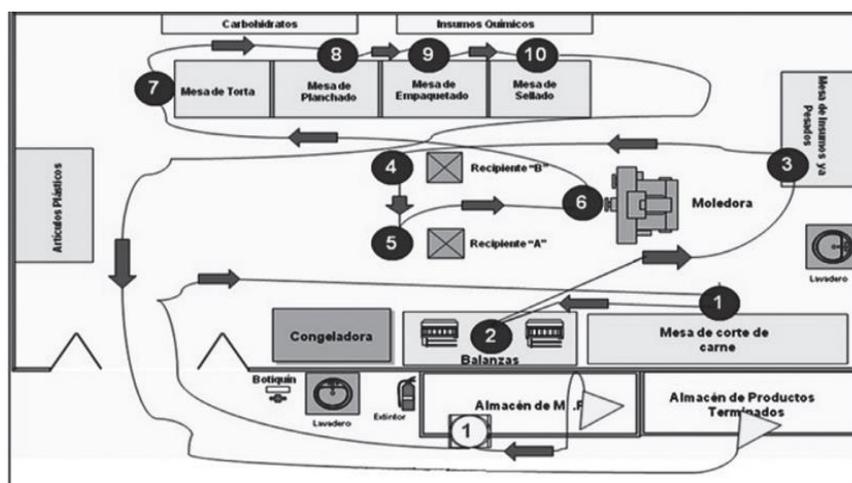


**Ilustración 6-2:** Simbología y actividades de inspección

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

### 2.1.2.2 Diagrama de flujo o recorrido

Este diagrama de recorrido es utilizado para tener en claro un panorama completo de un proceso existente o generar una propuesta de reorganización y distribución de una empresa. También adapta al investigador con el todo el proceso y el lugar donde se ejecuta cada tarea. (Palacios, 2016, pp. 111-112)



**Ilustración 7-2:** Ejemplo de diagrama de recorrido usando simbología ASME

Fuente: (Díaz Valladares, 2014).

### 2.1.3 Lean Manufacturing

El concepto *Lean Manufacturing* “manufactura esbelta” se considera como un proceso constante y metódico de identificación para la eliminación de desperdicios o excesos que no aportan valor en un proceso mediante la ayuda de personal capacitado y organizado. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, pp. 18-20)

Se define como una filosofía de trabajo especializada en la mejora y optimización de un sistema de producción para suprimir sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. (Hernández y Vizán, 2013: pp. 10-11)

Según, Rajadell y Sánchez (2010, p.2) establecen que es el seguimiento de una mejora del procedimiento de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como acciones que no aportan valor al producto y por las cuales los clientes no están dispuestos a pagar.

De acuerdo con Socconini (2019b, p. 274), es un método de trabajo participativo, donde la cadena de valor entrega productos con parámetros de calidad exigentes que se rige a un costo planteado y las actividades del proceso son evaluadas apoyadas con la toma de decisiones en optimizar, corregir e inspeccionar el proceso constantemente.

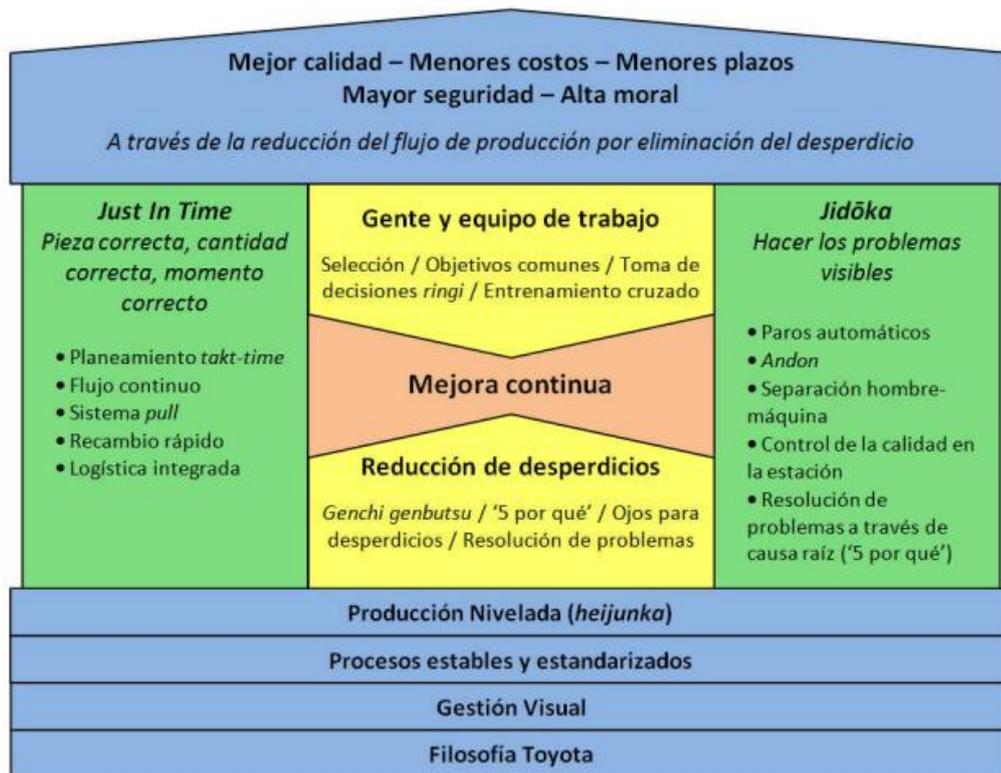
#### *2.1.3.1 Principios del pensamiento Lean*

Para que exista un pensamiento Lean claro en una empresa que resultará con la eliminación de actividades que no agregan valor al producto, servicios y procesos se debe regir mediante 5 principios. (Ibarra y Medina, 2017: pp. 54-58) Los cuales son:

- Realizar lo que es necesario, ni más ni menos.
- En el proceso debe existir siempre la calidad
- El *Lead Time* debe ser lo mínimo posible.
- Utilización total de mano de obra y maquinaria.
- Mejora continua (*KAIZEN*).

#### *2.1.3.2 Estructura del Sistema Lean*

La metodología *Lean* es el cambio a la cultura de la organización industrial con un alto compromiso por quienes conforman a la compañía que decida implementarlo, es complejo definir las partes primordiales de este sistema por contener varios pilares, fundamentos, principios, técnicas y herramientas que lo conforman, con la investigación de datos e información mediante la ilustración 8-2 se visualiza la casa del STP (Sistema de Producción Toyota). (Nieto, 2019, p. 57)



**Ilustración 8-2:** Casa Lean-TOYOTA

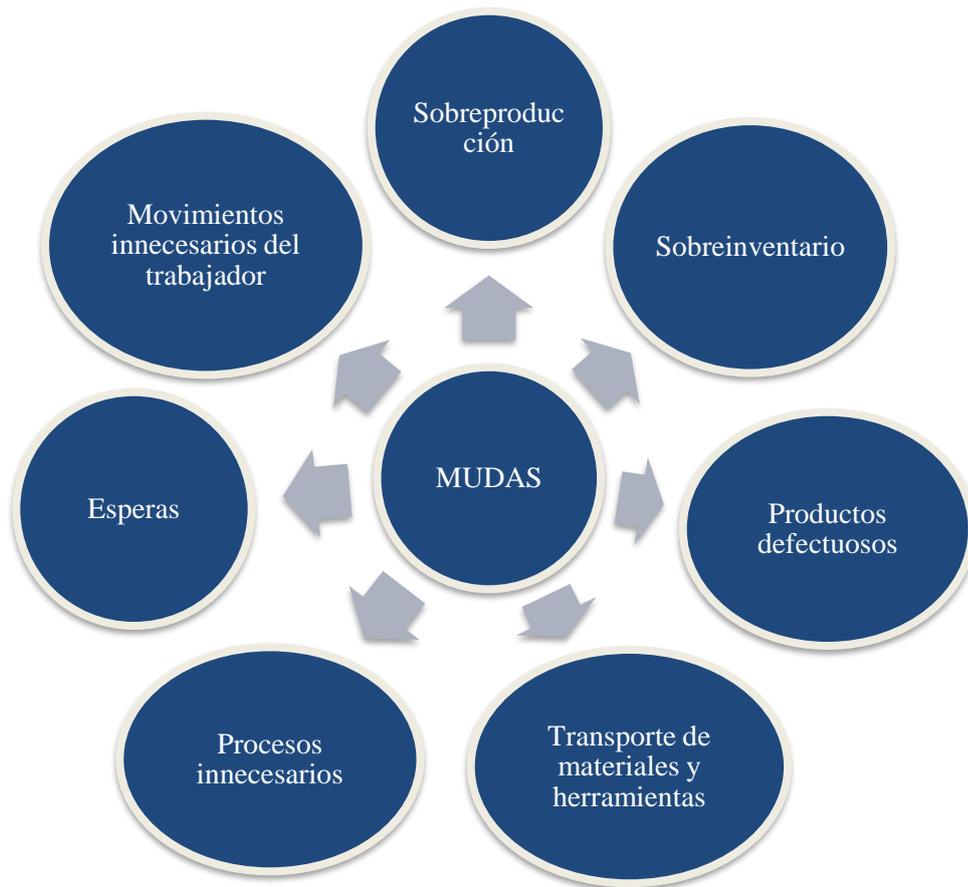
Fuente: (Nieto Vecino, 2019)

### 2.1.3.3 Desperdicios

La terminología japonesa *muda* se define como exceso, dichos excesos afectan de forma negativa a la productividad, los cuales deben ser detectados y consecuentemente eliminados o minimizados diariamente en las empresas e instituciones que siguen la metodología esbelta.

En la industria japonesa se ha catalogado a tres limitantes *MURI* (sobrecarga), *MURA* (variabilidad) y *MUDA* (desperdicios) en agrupaciones a las cuales nombraron como las 3 MU, porque estos términos empiezan con la sílaba mu.

Desperdicio o exceso según Socconini (2019<sup>a</sup>, p. 33), identifica a todo esfuerzo o actividad realizada en la empresa que no añade valor al producto o servicio como lo requiere el cliente, estos esfuerzos afectan de forma negativa al resultado obtenido aumentando costos y disminuyen el nivel de servicio. Toyota clasifica en siete grupos los despilfarros o *mudas*:



**Ilustración 9-2:** Tipos de desperdicios

**Fuente:** (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2019)

#### 2.1.3.3.1 *Sobreproducción*

Es la actividad de manufacturar productos terminados antes de lo previsto o fabricar más de lo necesario influyendo el incremento de productos en inventarios que ocupan espacios y procesos con capacidad potencial muy baja. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, pp. 33-34)

#### 2.1.3.3.2 *Sobre inventario*

Es cuando se conserva productos o materiales en inventarios que están a la espera o cantidades que superan el límite de lo necesario, generando costos de mantenimiento y logística en estos almacenes o bodegas, a su vez desequilibrando la producción y causando tiempos elevado. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, pp. 34-36)

#### 2.1.3.3.3 *Productos defectuosos*

Son desperfectos en piezas durante los procesos de fabricación es principalmente causado por un mal mantenimiento preventivo, errores humanos por parte del personal, carencia de planificación del producto y falta de calidad en materia prima que ingresan las cuales no son inspeccionadas. (Nieto, 2019, p. 56)

#### *2.1.3.3.4 Transportes de materiales y herramientas*

Son todos los traslados innecesarios que no añaden valor a los materiales o productos que son usados en la línea manufacturera, derrochando recursos como personal y tiempo de fabricación. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, p. 37-38)

#### *2.1.3.3.5 Procesos innecesarios*

Son todos los sobre procesos que no son importantes para el cliente y son descartados posteriormente en operaciones subsiguiente del proceso, estos procesos innecesarios deben ser eliminados, simplificados o combinados facilitando las demás actividades, mediante reingeniería y capacitación a los empleados en evitar la generación de defectos. (Nieto, 2019, p. 55)

#### *2.1.3.3.6 Esperas*

Son tiempos inactivos del sistema de fabricación industrial que constituyen una inadecuada sistematización de la manufactura o falta de estandarización al realizar cada una de estas actividades. (Socconini, 2019, pp. 39-40)

#### *2.1.3.3.7 Movimientos innecesarios del trabajador*

Incluye a todos los movimientos físicos ejecutados por el personal tales como: tomar herramientas, instrumentos o inspeccionar la documentación que habitualmente resulta de una mala organización de la planta de producción o empresa en general. (Nieto, 2019, p. 55)

### **2.1.4 Herramientas Lean Manufacturing**

#### *2.1.4.1 VSM (Value Stream Mapping)*

El proceso de mapeo de flujo de valor es una representación gráfica que incluye fabricación, proveedores y distribución del cliente para identificar y eliminar desechos en un establecimiento con rutas de productos paralelos o iguales. El mapa de valor muestra todos los elementos que intervienen en la producción e información para conocer el estado actual y futuro de un proceso, también busca plasmar, examinar y mejorar los pasos requeridos para llegar a la etapa final de un producto o servicio. (Rothenbach, 2017, p. 16)

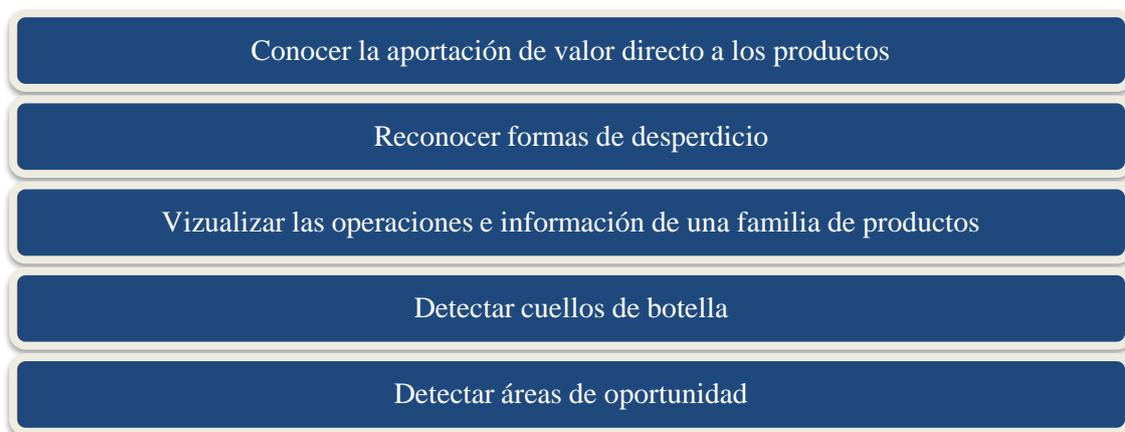
El VSM es considerado como una herramienta estratégica para implantar procedimientos y proyectos de mejora, con la finalidad de esclarecer del cómo funciona un proceso para descubrir actividades que no agregan valor alguno. Una correcta realización del VSM o mapa de valor (Socconini y Reato, 2019, p. 87), presentan siguiente procedimiento:

1. Establecer familias de productos.
2. Crear el mapa de valor actual.

3. Crear el mapa de valor futuro.
4. Realizar mejoras mediante aplicación de eventos *kaisen*.

#### 2.1.4.1.1 *Objetivos del VSM*

Su principal objetivo es dar a conocer cómo se puede representar esquemáticamente cualquier proceso productivo, logístico o burocrático, para saber cuáles operaciones tienen un alto índice de *mudas*, verificando el correcto cumplimiento en cumplir la demanda y las dificultades para satisfacerla. (Rajadell y Sánchez, 2010: p. 34). Además, en la ilustración 10-2 representa utilidades de un mapa de valor en una empresa.



#### **Ilustración 10-2:** Utilidades del VSM

**Fuente:** (Socconini, 2019<sup>a</sup>)

Existen varias actividades sin valor agregado que en su investigación de (Patil et al., 2021: pp. 32 ) se encuentran comúnmente en el sector manufacturero:

- a) Pasos del proceso que no son necesarios.
- b) Movimiento innecesario de recursos.
- c) Reelaboración por defectos en el producto.
- d) Correcciones y reprocesamiento.
- e) Almacenamiento innecesario de materia prima más de lo requerido.
- f) Espera entre estaciones de trabajo.

#### 2.1.4.1.2 *Cadena de Valor*

Son todas las actividades del proceso productivo que trabajan con productos de la misma familia, la cual es indispensable para llevar un producto o servicio desde su creación hasta los clientes como se visualiza en la ilustración 11-2. (Nutz y Sievers, 2017: p. 2)

Precio	25 rupias/l	40 rupias/l	45 rupias/l	75 rupias/l	80 rupias/l	95 rupias/l
Suministro de Insumos	Granja	Colecta refrigeración	Transporte	Fábrica	Minorista	Consumidor
<b>COSTOS</b>	Mano de obra Tierra Alimentación Maquinaria Establo Cuidado de los animales	Pruebas Tanque de refrigeración Edificios Electricidad Mano de obra	Vehículo Gasolina Reparaciones Conductor	Máquinas Edificios Electricidad Envasado Comercialización Admin.	Alquiler de la tienda Almacenamiento Mano de obra Publicidad Admin. IVA	<b>El consumidor paga todos los costos añadidos</b>

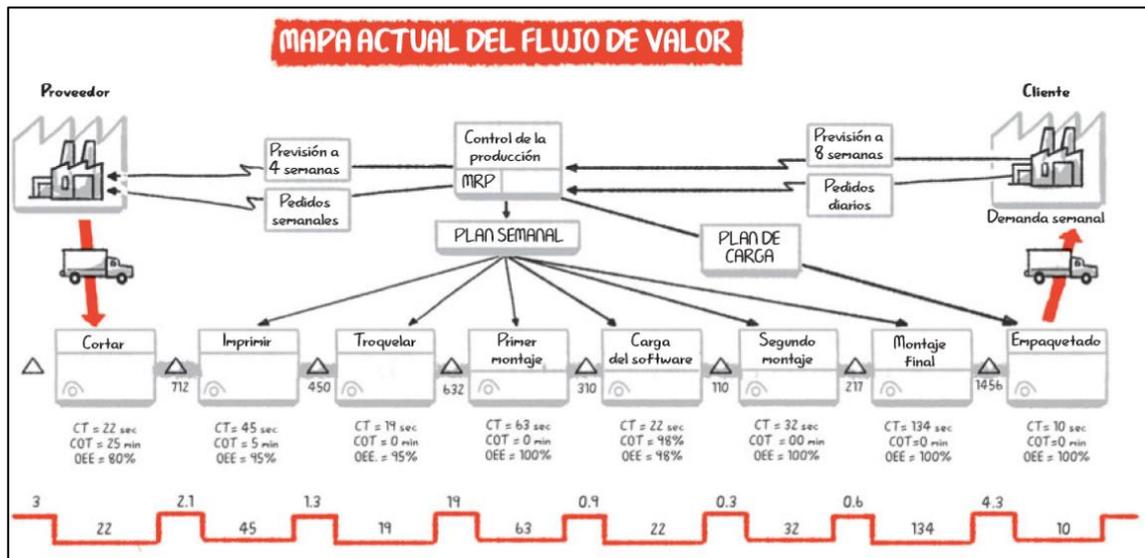
**Ilustración 11-2:** Ejemplo de cadena de valor

Fuente: (Nutz & Sievers, 2017)

### 2.1.4.1.3 Tipos de mapas VSM

#### Mapa del estado actual

El mapa de valor actual es un instrumento de apertura en el diagnóstico del proceso para determinar excesos que se encuentran presentes en la línea de producción. En este mapa se observa las especificaciones de los inventarios como son la capacidad, disponibilidad y eficiencia como se observa en la ilustración 12-2, además muestra información de cómo distribuye la demanda de los proveedores, la empresa y los clientes. (Socconini y Reato, 2019: p. 90)



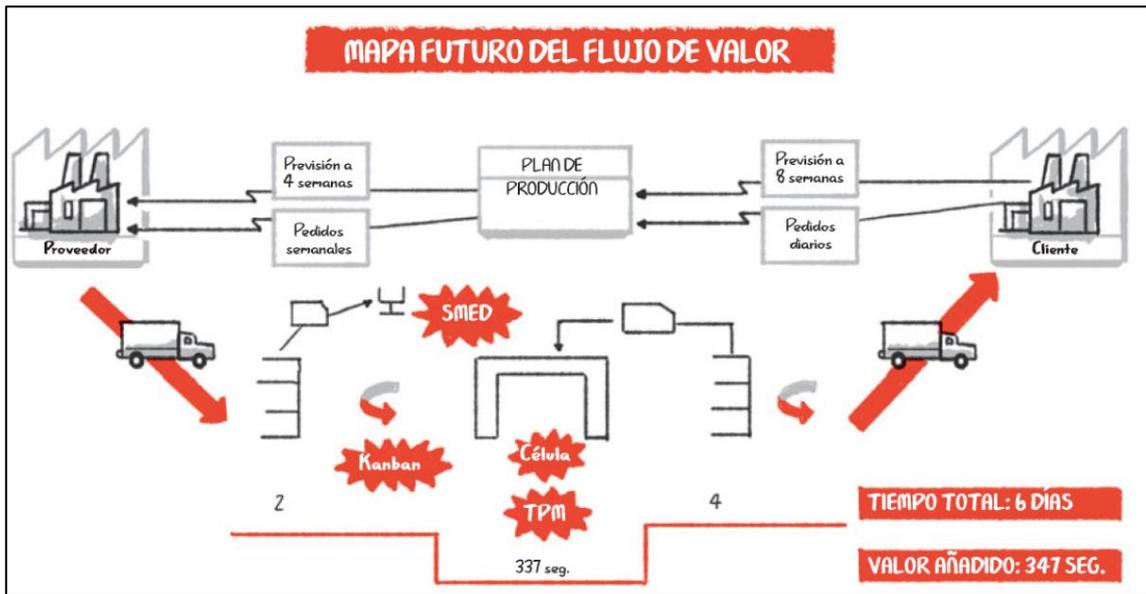
**Ilustración 12-2:** Ejemplo de VSM actual

Fuente: (Socconini Pérez & Reato, 2019)

#### Mapa del estado futuro

El mapa de estado futuro presenta buenos resultados en cortos periodos de tiempo para el sistema productivo en la implementación de herramientas *Lean* como se muestra en la ilustración 13-2, dichas herramientas son representadas con la ilustración de un relámpago. (Socconini y Reato, 2019: p. 92)

También es considerado un plan de inicio en elaborar un nuevo esquema de trabajo entendible para todo el personal.



**Ilustración 13-2:** Ejemplo de VSM futuro

Fuente: (Socconini Pérez & Reato, 2019)

#### 2.1.4.1.4 Mediciones Relevantes

##### Tiempo de ciclo

Es el tiempo de duración de cada actividad involucrada en el proceso, sumando estos tipos de ciclo individuales nos resulta el tiempo de ciclo total. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, p. 96)

##### Tiempo TAKT

El tiempo *takt* es la rapidez de compra de los consumidores, es representado por el tiempo disponible sobre la demanda de bienes o servicios en el mercado; es decir si una compañía tiene un tiempo *takt* de 7 minutos indica que cada 7 minutos una unidad de producto terminado. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, pp. 96-97)

$$Takt\ time = \frac{\text{tiempo de demanda del producto}}{\text{demanda del producto procesos}} \quad (5)$$

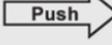
##### Lead Time

El *lead time* o tiempo de fabricación es el lapso transcurrido desde la recepción de materiales primarios hasta la expedición del mismo como producto terminado. (Socconini, 2019<sup>a</sup>, p. 97)

$$Lead\ time = \text{tiempo de valor agregado} + \text{tiempo de valor no agregado} \quad (6)$$

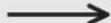
### 2.1.4.1.5 Simbología VSM

Al momento de ilustrar el VSM se tiene un conjunto de símbolos para representar los procesos que se encuentran en un sistema productivo como lo son el flujo de materiales tal cual se muestra en la ilustración 14-2 y en la descripción estándar de flujo de información como lo es mostrada en la ilustración 15-2.

 Operación de Valor Añadido	 Operación de Control	 1000 piezas 1.3 días Material Parado	 Movimiento de Materiales Empujado				
 Movimiento de Material Tirado	<table border="1" data-bbox="692 613 804 748"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table> Datos de Proceso	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	 máx. 30 Piezas Flujo de Materiales en Secuencia	 Localizaciones Externas
T/C: 65 seg.							
C/S: 400 seg.							
2 Turnos							
OEE: 60%							
 Transporte por Camión	 Transporte interno	 Supermercado					

**Ilustración 14-2:** Simbología del flujo de materiales

Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010)

 Flujo de Información Manual	 Flujo de Información Electrónico	 Plano de Producción	 Caja de Nivelado
 Kanban de Lote de Producción	 Kanban de Movimiento	 Kanban de Producción	 Movimiento de Kanban en Lote
 Secuenciador	 Ajustes "Informales" del Plan de Producción		

**Ilustración 15-2:** Simbología del flujo de información

Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010)

### 2.1.4.2 Metodología 5'S

Debemos tener en cuenta al momento de comenzar con cualquier tipo de mejora es indispensable operar en un puesto de trabajo que refleje seguridad y un ambiente limpio, para ello se debe empezar desde la cultura y los hábitos de orden y limpieza.

La herramienta 5'S explica como una disciplina para optimizar la productividad con ayuda de la estandarización de costumbres de limpieza y orden por medio el autocontrol y la disciplina que

inculca esta metodología *lean* a través de cinco etapas que se muestra en la tabla 3-2 a continuación.

**Tabla 3-2:** Resumen de la herramienta 5´S

<b>Etapa 1: <i>Seiri</i> SELECCIONAR</b>	<b>Etapa 2: <i>Seiton</i> ORGANIZAR</b>	<b>Etapa 3: <i>Seiso</i> LIMPIAR</b>	<b>Etapa 4: <i>Seiketsu</i> ESTANDARIZAR</b>	<b>Etapa 5: <i>Seitsuke</i> SEGUIMIENTO</b>
Es remover de nuestra área de trabajo todos los artículos que no son necesarios.	Es ordenar los artículos necesarios para nuestro trabajo estableciendo un lugar específico para cada cosa.	Es básicamente eliminar la suciedad.	Es lograr que los procedimientos y las actividades se ejecuten constantemente.	Es hacer un hábito de las actividades de 5´S para asegurar que se mantengan las áreas de trabajo.

Fuente: (Socconini, 2019)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 2.1.4.2.1 Beneficios de la 5´S

Implementar la herramienta 5´S en una empresa de manufactura trae una variedad de ventajas en el área de producción como son:

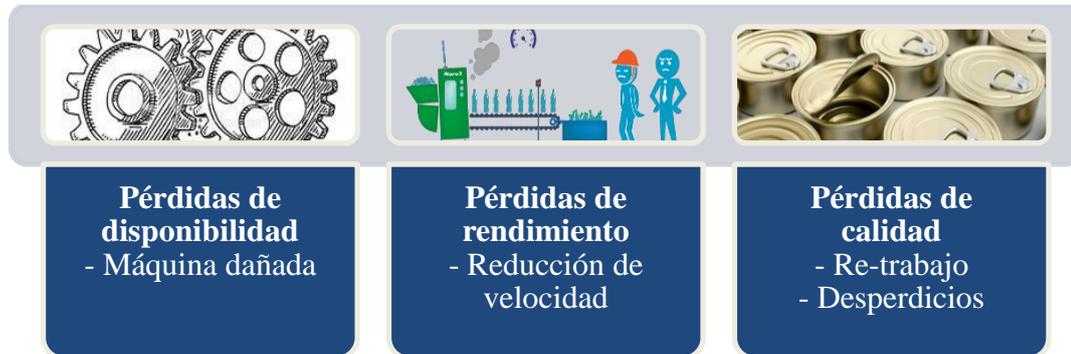
- a) Mejor utilización de recursos, primordialmente el tiempo.
- b) Descubrir las anomalías y problemas que existen en el proceso.
- c) Obtener un ambiente laboral agradable y seguro para todas las personas implicadas.
- d) Aumento de la capacidad al producir productos de calidad.
- e) Dar un entorno presentable a nuestros clientes. (Socconini y Reato, 2019)

#### 2.1.4.3 Mantenimiento total productivo (TPM)

El TPM es fundamentado en 5 elementos básicos que son en moldear una organización asociada como objetivo en aumentar la eficiencia de la producción, evitar pérdidas con cero accidentes y defectos, involucrar a todos los departamentos de la compañía incluso, a la misma directiva y por último se debe enfocar en las actividades “cero – pérdidas”. (Gallarà y Pontelli, 2019: p. 170)

Es definido como un sistema de gestión del mantenimiento como fuente de mejora que ejecuta un plan de mantenimiento a los equipos que están en las instalaciones de la empresa con el objetivo planteado de cero fallos, cero averías, cero incidencias y cero defectos con ayuda de mantenimientos planificados, predictivos, preventivos o programados, autónomos, entre otros. (Rajadell y Sánchez, 2010: p. 140)

Los equipos que se usan en las distintas industrias poseen un porcentaje de eficiencia a través de impulsos claros catalogados en pérdidas para eliminar dichas mermas en equipos productivos que se visualiza en la ilustración 16-2, disminuyendo la eficacia de los mismos, perjudicando a la empresa.



**Ilustración 16-2:** Pérdidas en equipos

Realizado por: Díaz, Juan, 2022

Una correcta implementación de TPM, indica que los operarios toman conciencia sobre el auto mantenimiento, por ende, ellos adquieren destrezas en identificar anomalías en el funcionamiento de los equipos, afrontarlos e instauran escenarios mejores de la maquinaria permanentemente. Para lo cual, (Hernández y Vizán, 2013: p.48), sugieren la siguiente metodología en 5 sencillos pasos:

- 1) Modelizar la información acerca del mantenimiento.
- 2) Retornar a situar la línea en su etapa originaria.
- 3) Eliminar los nichos de impurezas.
- 4) Aprender a reconocer el equipo.
- 5) Mejora continua (OEE)

Según La Escuela de Lean Management (2020), el OEE es un indicador de la eficiencia operativa de maquinaria mostrando la capacidad productiva real mostrando indirectamente los despilfarros que son originados de equipos de la empresa.

$$OEE = D * E * C \quad (7)$$

Donde:

D = Coeficiente de disponibilidad.

E = Coeficiente de eficiencia.

C = Coeficiente de calidad.

En las siguientes fórmulas se muestran la definición matemática sobre cómo obtener los coeficientes de disponibilidad (¿está la máquina operando o no?), de eficiencia (¿cuán rápido está la máquina en marcha?) y de calidad (¿cuántos productos cumplieron con las especificaciones?) respectivamente.

$$C. Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\% \quad (8)$$

$$C. Eficiencia = \frac{\text{Producción total real}}{\text{Producción teórica del tiempo operativo}} \quad (9)$$

$$C. Calidad = \frac{\text{Producción real} - \text{Producción defectuosa}}{\text{Producción total real}} \quad (10)$$

Para poder inferir en la implementación de la herramienta OEE, (Torres et al., 2016, p.3), plantea una clasificación de esta métrica en la siguiente tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Clasificación OEE

OEE	Métrica de calificación	Característica
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad
≥65% a <75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad
≥75% a <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
≥85% a <95%	Buena	Entra en Valores World Class. Buena competitividad
≥95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad

**Fuente:** (Torres et al., 2016)

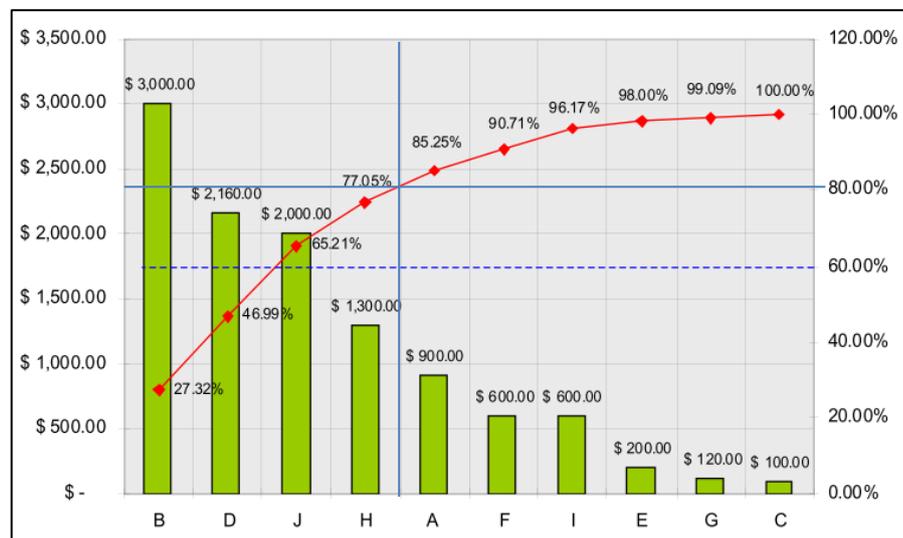
**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

### 2.1.4.3.1 Diagrama de Pareto

También conocido como diagrama ABC, tiene como objetivo en simbolizar el 80 por ciento de las consecuencias, que estas se ocasionan del veinte por ciento de las causas. Es muy usado para conocer qué tipo de mejora es necesaria en un proceso industrial, efectuar cambios recientes y analizar las raíces de una dificultad. (López, 2021, p.8)

El gráfico del diagrama de Pareto se usa por lo general en:

- La mejora continua
- Observar cambios del antes y después de una situación (implementación)
- Estudio y priorización de problemas



**Ilustración 17-2:** Ejemplo Diagrama de Pareto

Fuente: (Gallarà & Pontelli, 2020)

### Pasos para la construcción del diagrama de Pareto

Según, (Pulido y Salazar, 2010, p. 144) nos recomienda realizar el siguiente procedimiento en la elaboración de un correcto diagrama 80-20.

1. Delimitar el o los problemas y el aspecto de mejora con un objetivo claro al cual se debe llegar.
2. Decisión de datos que se van a evaluar, como son los factores que se deberán estratificar.
3. Definir el periodo que se van a registrar los datos para saber el responsable de dichos antecedentes.
4. Cuantificar la frecuencia de cada defecto.

5. Concretar el criterio de jerarquización a través de la frecuencia u otro factor como el costo o intensidad respectivamente.
6. Documentación de referencias del diagrama de Pareto.
7. Interpretar el diagrama de Pareto.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de estudio

El trabajo de titulación de carácter técnico que tendrá lugar en la fábrica Proceflex, donde inicia en saber cuáles aspectos de mejora se debe prestar atención en cada puesto de trabajo y así optimizar el área de fabricación de mangueras plásticas eliminando los productos defectuosos, en donde se va a utilizar métodos deductivos e inductivos fundamentados en encuestas y herramientas *lean*.

Los resultados que se obtendrá serán representados mediante indicadores de productividad como lo son KPI (*Key Performance Indicator*) y OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que nos permitirá evaluar la eficiencia del proceso además de la tasa de mejora del proceso y los índices de disponibilidad, eficiencia y calidad de maquinarias respectivamente, por ende, será con el antes y el después del estudio al momento de haber implementado las distintas herramientas *lean* en el proceso de manufactura del poliducto.

#### 3.2 Tipo de investigación

##### 3.2.1 *Investigación documental*

El respectivo estudio reflejará de una investigación documental, porque se tendrá en cuenta información de archivos y documentos en la red verídicos y fuentes confiables como trabajos de titulación (tesis), artículos científicos, libros digitales, informes técnicos y fotografías en los procedimientos de manufactura para el análisis comparativo que tendrán acogida como base de sustentación para la implementación de herramientas *lean* y mejora productiva en la empresa.

##### 3.2.2 *Investigación descriptiva*

La investigación descriptiva está estrechamente vinculada con el análisis trazado porque el proyecto define y resume qué tipo de características y parámetros posee en el área de producción, la cantidad de equipos, trabajadores, materia prima, desperdicios a eliminar y describe paso a paso el cómo, el cuándo, el dónde y con qué herramientas se desarrolla el estudio para cumplir con los objetivos planteados.

##### 3.2.3 *Investigación de campo*

El trabajo técnico es incluido con la investigación de campo por el hecho que el investigador está en contacto con los operadores, máquinas y materia en bruto, lugar donde se realiza la elaboración de mangueras plásticas, dicha investigación estará enfocada en cada una de las estaciones de trabajo del proceso, por ende se analizarán las actividades que realizan los trabajadores, el tiempo

producto en el proceso y el estado de las máquinas de la fábrica Proceflex mediante la observación analítica y recopilación de datos que contempla el estudio.

### **3.2.4 Investigación exploratoria**

El presente trabajo se anexará principalmente con la investigación exploratoria porque tendrá aspectos que no se analizaron a profundidad cuando surgieron anteriormente y no se tenían en claro cómo se encontraban definidas las *mudas* presentes en el departamento de producción con la meta de disminuir su porcentaje mediante herramientas *lean*.

## **3.3 Metodología**

### **3.3.1 Método deductivo**

El desarrollo del proyecto técnico se llevó mediante del método deductivo, primordialmente por un diagnóstico general en el inicio del departamento de fabricación de mangueras se empleó la estandarización del proceso y el diseño del VSM, después de conocer los desperdicios de la empresa, para así generar una política de orden y limpieza con la metodología 5'S en conjunto de un plan de mantenimiento de máquinas (TPM) se darán soluciones a los inconvenientes de mejora en la producción.

### **3.3.2 Método inductivo**

El método inductivo genera un gran impacto en el proyecto de titulación por el análisis del investigador que implantará técnicas y herramientas esbeltas para estar al tanto del tiempo *takt*, inspecciones, condiciones de orden y limpieza de cada puesto de trabajo, los desperdicios de producción, mantenimientos de equipos, el tiempo de cada proceso con la finalidad de mejorar y establecer procedimientos estandarizados influyendo en optimizar el sistema de manufactura.

## **3.4 Técnicas para procesamiento de datos**

### **3.4.1 Población**

La población en la fábrica de manguera negra Proceflex es de 10 personas distribuidos en horarios diurnos y nocturnos inmersos en todos los puestos de Proceflex.

### **3.4.2 Encuestas**

La encuesta fue realizada en el área de producción de poliducto plástico negro de la fábrica Proceflex, a los 10 trabajadores, el cual será útil para el análisis de situación inicial de las 5'S, la información recolectada se puede visualizar en el **ANEXO A**.

## **3.5 Diagnóstico situación inicial**

### **3.5.1 Localización del proyecto**

El presente proyecto se llevará a cabo en la empresa procesadora de plásticos Proceflex dedicada a la fabricación y comercialización de mangueras plásticas de excelente calidad reconocidas en

el mercado nacional, se encuentra ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo en la Vía Quito km 6, Urbanización Maya Moncayo.

**Tabla 1-3:** Macro localización de la fábrica Proceflex.

Macro localización	
<b>País:</b>	Ecuador
<b>Provincia:</b>	Santo Domingo de los Tsáchilas
<b>Cantón:</b>	Santo Domingo
<b>Límites Santo Domingo:</b>	
<b>Norte:</b>	La provincia de Esmeraldas y Pichincha
<b>Sur:</b>	La provincia de Los Ríos y Cotopaxi
<b>Este:</b>	La provincia de Pichincha y Cotopaxi
<b>Oeste:</b>	La provincia de Manabí



Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 2-3:** Micro localización de la fábrica Proceflex.

Micro localización	
<b>Ciudad:</b>	Santo Domingo
<b>Cantón:</b>	Santo Domingo de los Colorados
<b>Parroquia:</b>	Río Verde
<b>Barrio:</b>	San Cristóbal
<b>Nombre de la empresa</b>	PROCEFLEX
<b>Dirección:</b>	Vía Alóag – Santo Domingo, ciudadela Maya Moncayo
<b>Coordenada</b>	0°16'02.2"S 79°07'09.7"W



Fuente: (Proceflex, 2022)

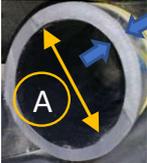
Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.5.2 Productos

La empresa manufacturera presenta 6 medidas en el diámetro interno de manguera negra y el espesor que se caracteriza por su calidad que es fabricada en Proceflex en la tabla 3-3 se encuentra detallada las distintas medidas de mangueras que son enrolladas en 100 metros. Mediante la observación del investigador e información recopilada por la gerencia de Proceflex se muestra en

mayor producción al poliducto ½ pulgada de diámetro y calidad “sencillo”, es por eso que esta variedad se ha seleccionado para el estudio y elaboración de VSM inicial.

**Tabla 3-3:** Variedad de mangueras plásticas

	Productos - Proceflex					
	Diámetros (A)					
Espesor de pared (B)	1/2	3/4	1 1/2	2	3	4
0.08						
0.12						
0.16						
0.20						

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.5.3 Identificación de los puestos de trabajo

#### 3.5.3.1 Recepción de la materia prima

En la recepción de la materia prima llega principalmente plástico reciclado de 2 000 kg equivaliendo al 80% y plástico aglutinado de 500 kg denominado de primer uso que corresponde al 20% mensualmente, el trabajador encargado almacena en la bodega principal, los cuales deben ser acomodados en orden de llegada para facilitar la fluidez en la selección de plásticos.

#### 3.5.3.2 Clasificación de plástico

Al momento de almacenar la materia prima (plástico reciclado), un operario es el encargado de clasificarlo y separarlo según la densidad del plástico y suciedad con impurezas tales como: grava, tierra, materiales férricos, vidrio, cartón, policloruro de vinilo (PVC) entre otros, el cual es apartado para ser lavado en el tanque de sedimentación. En el transcurso de la identificación y selección de plásticos de alta densidad (HDPE) en la empresa Proceflex es mediante su peso molecular ya que si el plástico reciclado se encuentra en un rango de 200.000 y 500.000 moles por gramos tendrá una escasa flexibilidad pero alta dureza en cambio el plástico de baja densidad (LDPE) tendrá un porcentaje alto de flexibilidad debido a que la cadena polimérica posee cuantiosas ramificaciones con 2 o 4 átomos de carbono, mientras el HDPE casi no está formada por cadena laterales, estando más compactadas. Estos plásticos son almacenados en grandes sacos denominados tulas, las cuales son llenadas, amarradas por correas de sunchas y pesadas; además se tiene en cuenta el tamaño de la materia prima la cual es cortado en menores dimensiones mediante cuchillas manuales para facilitar el transporte.

### *3.5.3.3 Aglutinadora del plástico*

Cuando el plástico es debidamente clasificado se transporta a la aglutinadora donde el operador ingresará el plástico de baja densidad ya sea limpio o plástico sucio por separado, el material es compactado dentro del tambor por efecto rotativo de las cuchillas con la pared del equipo, formándose una masa plástica, la cual por periodos de tiempos es mezclada e hidratada para que las partículas de plástico se separen y formen gránulos aglutinados.

### *3.5.3.4 Sedimentación*

En esta actividad el operador en turno transporta el plástico aglutinado que se encuentra con suciedad al tanque de sedimentación, el operario vierte dicho plástico al depósito lleno de agua, donde los gránulos por su baja densidad rápidamente flotan a la superficie en cambio las impurezas caen al fondo por ser materiales con densidad mayor, es decir, más pesados. Con un recipiente colador se retiran la granulación plástica que está a flote eliminando los materiales que perjudicarían en la extrusión de la manguera.

### *3.5.3.5 Mezcladora*

En el área de mezcla los operarios son los encargados de incorporar los porcentajes de gránulos de plástico aproximadamente con gránulo compactado (limpio) un 20%, gránulo sucio un 20 %, gránulos de primer uso con un 20%, gránulo de productos defectuosos ya antes triturado un 19 % y el 1% de pigmento “negro de humo”, estos componentes son ingresados a la mezcladora cuya función es llegar a una temperatura en el rango de 80 a 100 grados Celsius durante 1 a 3 minutos.

### *3.5.3.6 Extrusión de la manguera*

Los sacos de la mezcla son llevados a la tolva de alimentación de la extrusora, estos gránulos caen al cilindro donde se encuentra internamente girando un tornillo sin-fin helicoidal, por su acción rotacional funde al material con ayuda del calor generado de 170 a 300 grados Celsius y mediante el compresor de aire empuja la manguera en una masa plástica homogénea hacia la medida de la boquilla que según el diámetro se especifica de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $1 \frac{1}{2}$ , 2, 3 y 4 pulgadas, dependiendo del pedido o necesidad del cliente.

### *3.5.3.7 Tinas de enfriamiento*

Las tinas de enfriamiento disminuyen la temperatura poliducto que es expulsado aproximadamente de 160 a 250 grados Celsius, estos recipientes rectangulares forman parte de una red de ductos que están conectados con bombas de agua las cuales se encuentran en continua fluidez mediante un tanque elevado para que el líquido circule y se refrigere generando un sistema de enfriamiento, el cual es supervisado por el operador para que la masa plástica termo-formada en manguera tenga una forma homogénea.

#### *3.5.3.8 Inspección de defectos*

Cuando el poliducto pasa por las tinas de enfriamiento, el operario mediante la observación visualiza si la manguera desplazada esta deformada, plana, irregular o no cumple con el espesor de la pared estándar del pedido, el lote del poliducto es cortado y trasladado al área de triturado para que se reutilice este producto en la fabricación del siguiente lote.

#### *3.5.3.9 Triturar*

En la unidad de trituración, los encargados de esta actividad tienen la función de cortar todo el segmento del poliducto con defectos que es descartado en las tinas de enfriamiento en pequeños trozos para después ser pulverizado en la máquina trituradora en pedazos minúsculo, los cuales serán transportados al área de aglutinado para ser procesados en gránulos reutilizables en el proceso de manufactura del poliducto.

#### *3.5.3.10 Tensar-sujetar*

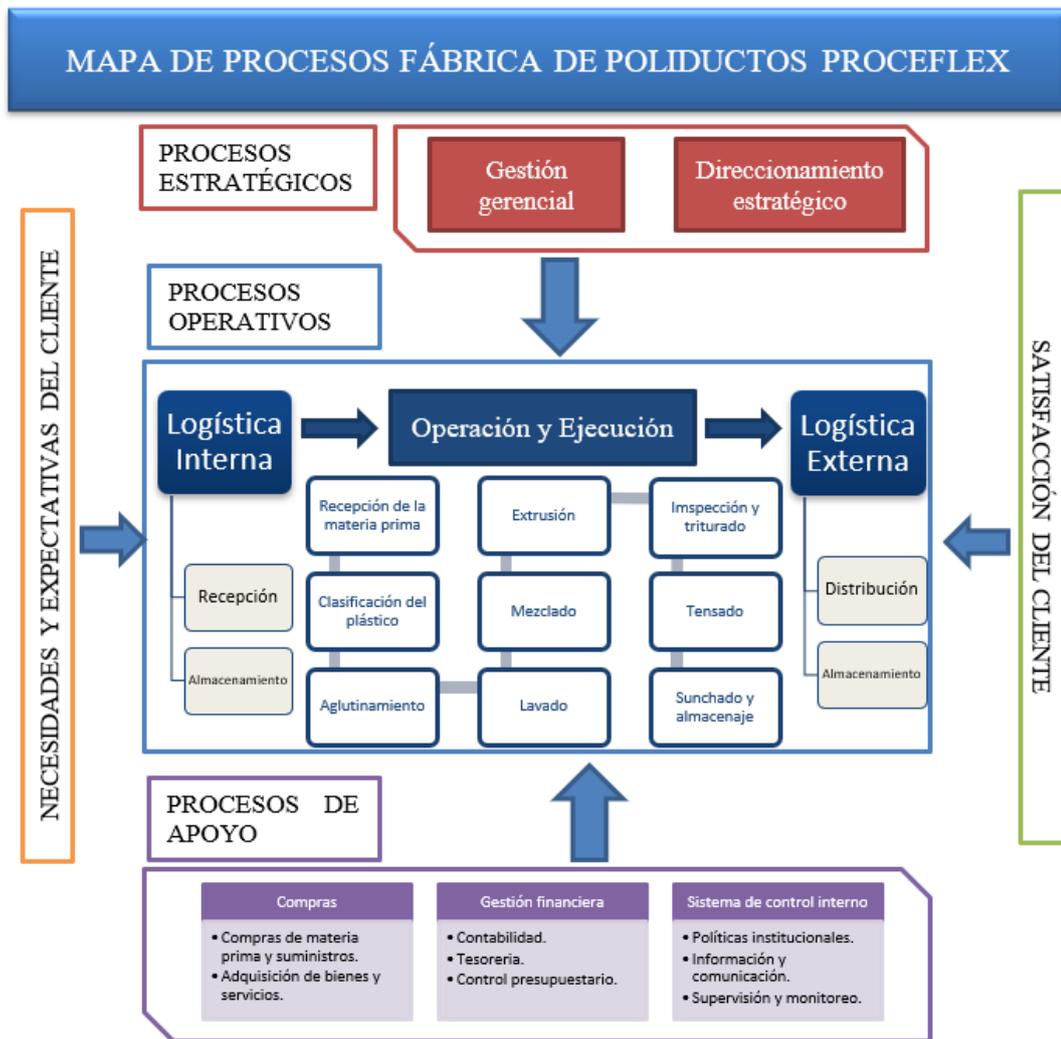
En este sector el operario se encarga de inspeccionar los metros de poliductos que pasan por la máquina contadora la cual debe ser reiniciada cada 50 o 100 metros de poliducto dependiendo del pedido, para después templar el poliducto en tensoras manuales tipo bobinas poco a poco el poliducto sea expulsado, formando rollos los cuales son sujetos mediante piolas nailon en 3 secciones facilitando su transporte.

#### *3.5.3.11 Almacenamiento y sunchar*

En el área de almacenaje los rollos del poliducto son preparados para ser sunchados manualmente con binchas, además, el momento de empezar la producción, el operario designado pesa los rollos de poliducto ya sunchado para controlar la cantidad de materia prima usada en los siguientes lotes con pesos establecidos mediante un rango de tolerancia de lo contrario se tendrán que recalibrar la boquilla de la extrusora, para su correcta dosificación del material. Por último, son almacenadas y señaladas con un patrón de colores en el inicio y final de la manguera por los operadores en la sección de producto terminado para su transporte al camión dirigida a su venta o distribución local.

### **3.5.4 Mapa de procesos**

El mapa de proceso es una herramienta que nos ayuda a entender cómo se está conformado el proceso productivo y una representación universal de los *know-how* que la empresa posee y su objetivo como tal; en la parte inicial se tienen a las necesidades y satisfacción del cliente y con el propósito de alcanzar sus expectativas, subsiguiente a esto se presenta la organización y la actividad de los procesos operativos. Por último, se describe el apoyo de los procesos administrativos como compras, gestión financiera y sistema de control interno, entre otros.

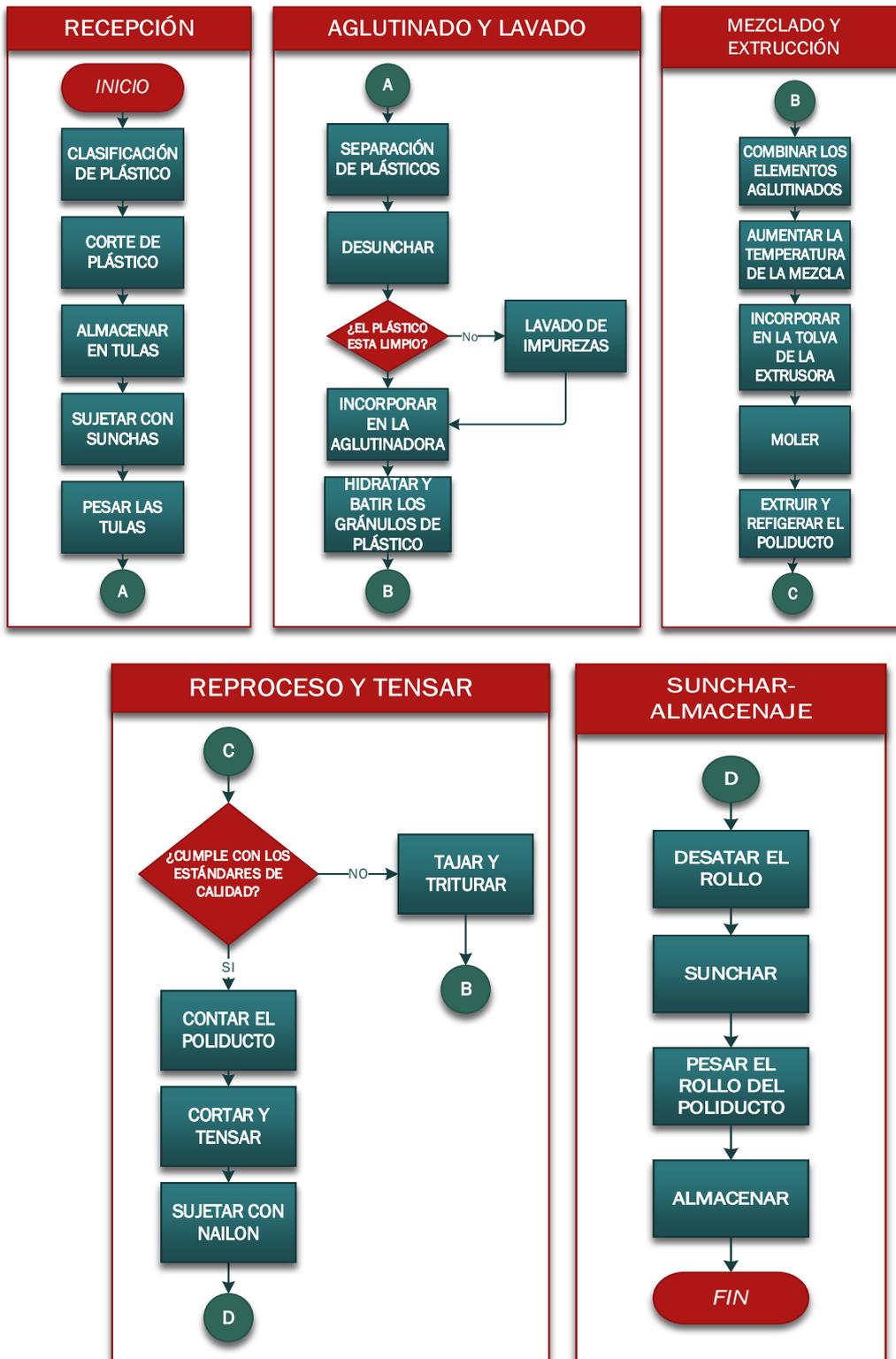


**Ilustración 1-3:** Mapa de Procesos fábrica Proceflex.

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.5.5 Diagrama de flujo

Para tener un entendimiento claro sobre el proceso de fabricación de poliductos empieza con la recepción de la materia prima (plástico reciclado) y termina con el almacenamiento del producto terminado como se muestra en la ilustración 2-3 hasta la venta o distribución dirigida a la clientela.



**Ilustración 2-3:** Diagrama de flujo del proceso de Proceflex

Realizado por: Díaz Juan, 2022.

### 3.5.6 Implementación Ábaco de Lifson

En el inicio de evaluación de los tiempos de la fábrica se debe llegar al tiempo estándar de cada actividad del proceso de manufactura del poliducto de ½ pulgada de diámetro con una calidad

sencilla a que es el producto más demandado en Proceflex, con el objetivo de disminuir tiempo innecesarios que no aportan valor, mediante el cronometraje y videos a los operarios en sus actividades en cada estación de trabajo.

Cabe recalcar que en la recepción de materia primera los trabajadores encargados almacenan 1243.31 kg de plástico reciclado por semana o 248.66 kg de plástico reciclado por día y en tulas (sacos) dicho plástico con un promedio de 51.6 kg /tula. La fábrica cuenta con operarios con un promedio de 10 años de experiencia trabajando en la fábrica por ende no dificulta el registro de tiempos al personal.

### 3.5.6.1 Cálculo de observaciones

Para decidir cuantas muestras debemos tomar en cada puesto de trabajo, utilizamos la herramienta estadística Ábaco de Lifson con un estado inicial de 10 muestras preliminares se procede a calcular el valor superior e inferior, un riesgo del 2% y un error admisible del 5% obteniendo el factor B y así compensar las variaciones de estos datos para la estandarización del proceso.

**Tabla 4-3:** Tiempos observados del proceso de poliducto

NÚMERO	ESTACIONES	ACTIVIDAD	DATOS OBSERVADOS									
			T1 (seg)	T2 (seg)	T3 (seg)	T4 (seg)	T5 (seg)	T6 (seg)	T7 (seg)	T8 (seg)	T9 (seg)	T10 (seg)
1	Recepción de materia prima	Transportar el plástico reciclado al área de inspección	110,14	109,54	109,24	103,59	105,23	108,47	108,25	109,12	109,45	108,36
2		Clasificar al plástico por su densidad e impurezas	1235,41	986,35	1346,82	1083,25	1054,84	1263,21	1124,63	1004,01	1286,34	1230,74
3		Rasgar el plástico selecto	1431,39	1324,10	1276,32	1274,65	1168,74	1324,10	1276,32	1456,98	1345,29	1365,85
4		Depositar el plástico rasgado en las tulas	1300,45	1217,87	1285,92	1445,22	1427,67	1325,05	1453,31	1459,13	1492,69	1405,77
5		Sujetar las tulas con sunchas	112,14	157,49	170,08	104,25	141,35	119,16	148,50	121,00	168,24	103,54
6		Pesar las tulas	41,80	57,09	45,30	49,65	51,25	52,84	52,32	41,02	56,36	53,37
7	Aglutinado	Trasportar el plástico limpio y sucio al área de aglutinado	62,23	96,34	59,36	74,12	63,47	73,58	79,65	68,00	97,50	69,12
8		Separar el plástico limpio del sucio	15,04	13,49	14,20	13,54	14,25	15,96	13,44	14,71	13,96	14,25
9		Desatar la tula	110,26	108,40	107,32	103,00	103,41	107,65	110,19	106,65	106,54	102,39
10		Incorporar el plástico dentro del tambor de la aglutinadora	762,48	900,98	888,62	764,40	960,38	657,08	816,00	949,20	865,12	830,64
11		Mezclar la masa plástica con agua	558,28	489,56	415,14	572,68	475,00	458,26	463,44	448,70	444,00	549,10
12		Esperar el efecto aglutinado	118,24	105,98	114,00	122,48	116,72	116,48	122,20	117,38	123,04	118,28
13	Retirar el plástico aglutinado del tambor	21,78	19,32	19,82	19,79	20,47	22,07	21,12	22,65	18,94	19,58	
14	Lavado	Trasladar los gránulos sucios al tanque de sedimentación	23,10	24,25	20,89	21,13	21,42	21,53	22,46	22,89	23,23	23,71
15		Depositar el plástico granulado en el tanque	33,60	38,61	36,40	35,36	37,55	38,77	37,84	37,47	36,80	33,94
16		Revolver el plástico granulado	35,41	38,05	35,42	38,72	36,99	36,80	35,84	36,72	37,31	38,05
17		Esperar que la impurezas se hundan y el plástico flote	413,01	430,37	413,01	431,08	423,87	431,28	412,43	422,50	415,87	414,70
18		Retirar el plástico limpio de la superficie	164,13	165,56	171,21	161,07	174,66	176,02	171,02	156,65	167,31	176,87
19		Esperar la filtración del agua con el plástico	391,56	423,87	425,30	398,58	401,57	427,31	416,00	419,77	415,94	416,78
20	Mezclado	Trasladar a la mezcladora	57,72	69,00	58,35	57,72	53,67	54,72	57,06	68,34	64,08	57,72
21		Depositar los elementos aglutinados en el tambor de la mezcladora	133,54	110,97	112,57	127,89	108,99	106,34	106,23	110,98	114,35	106,73
22		Esperar que la mezcla llegue a la temperatura deseada	198,52	270,79	262,09	234,87	303,37	294,13	306,59	320,52	249,68	252,37
23		Retirar la mezcla aglutinada	30,72	29,09	36,63	30,22	33,25	35,32	37,45	32,88	35,37	31,83
24		Transportar a la extrusora	34,25	35,90	36,61	34,46	31,95	32,47	33,25	35,85	34,66	35,35
25		Depositar el saco en la tolva de alimentación	5,79	5,87	7,33	6,87	6,73	7,57	6,30	5,86	5,80	6,89
26	Reproceso	Inspeccionar el flujo de extrusión (defectos) y controlar los metros del poliducto	1867,48	1857,34	1849,18	1827,22	1838,67	1845,96	1857,71	1847,57	1851,48	1842,52
27		Transportar al área de trituración	5,89	7,04	6,28	5,98	7,28	5,98	5,74	6,87	6,35	6,28
28		Descargar el poliducto defectuoso	3,25	4,48	3,85	3,69	3,87	4,03	4,58	3,27	4,07	4,19
29		Cortar los segmentos defectuosos	375,24	359,21	368,00	362,30	364,25	365,85	361,78	372,45	373,95	374,58
30		Descargar los trozos a la tolva de la trituradora	10,11	9,95	9,68	11,29	10,26	10,28	10,84	11,45	9,76	10,41
31		Esperar la trituración	159,87	200,46	213,00	150,82	240,34	187,52	189,54	195,24	183,36	173,64
32	Tensado	Transportar el pulverizado al área de aglutinado para ser reusado	10,12	9,15	14,21	9,00	12,47	13,85	14,65	12,32	10,84	10,40
33		Tensar el poliducto	297,34	334,52	337,96	344,04	308,28	311,10	304,51	329,03	320,47	319,41
34		Reiniciar la contador	49,19	60,83	46,73	52,16	65,66	65,99	52,05	50,84	48,86	54,46
35		Ajustar con piola nailón los rollos terminados	140,73	139,01	145,59	142,67	152,18	147,32	146,95	139,04	150,79	149,25
36		Transportar al área de almacenaje de producto termoformado	23,94	26,50	29,65	22,73	26,50	27,74	30,71	31,59	26,64	27,96
37		Sunchar los rollos del poliducto	231,50	225,35	241,56	239,55	248,88	219,12	225,35	235,52	233,76	248,29
38	Almacenaje de rollos	Pesar el rollo de poliducto	25,99	30,16	25,44	37,33	27,16	26,68	41,54	35,21	31,37	25,58
39		Rotular el inicio y final del rollo	38,65	43,92	34,26	37,88	36,78	40,41	41,07	42,71	39,42	35,03
40		Inspección	15,56	17,57	19,40	16,47	16,10	18,67	15,81	17,68	19,14	15,26

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la tabla 4-3 se visualiza el listado de las diez primeras muestras donde es señalado el valor superior y valor inferior con color verde y rojo respectivamente describiendo las actividades del proceso desde la recepción de la materia prima hasta el almacenaje del poliducto terminado.

A continuación, se muestra la tabla 5-3 donde calculamos el factor B con ayuda de la fórmula (1), también los valores superiores e inferiores señalados anteriormente en la tabla 5-3.

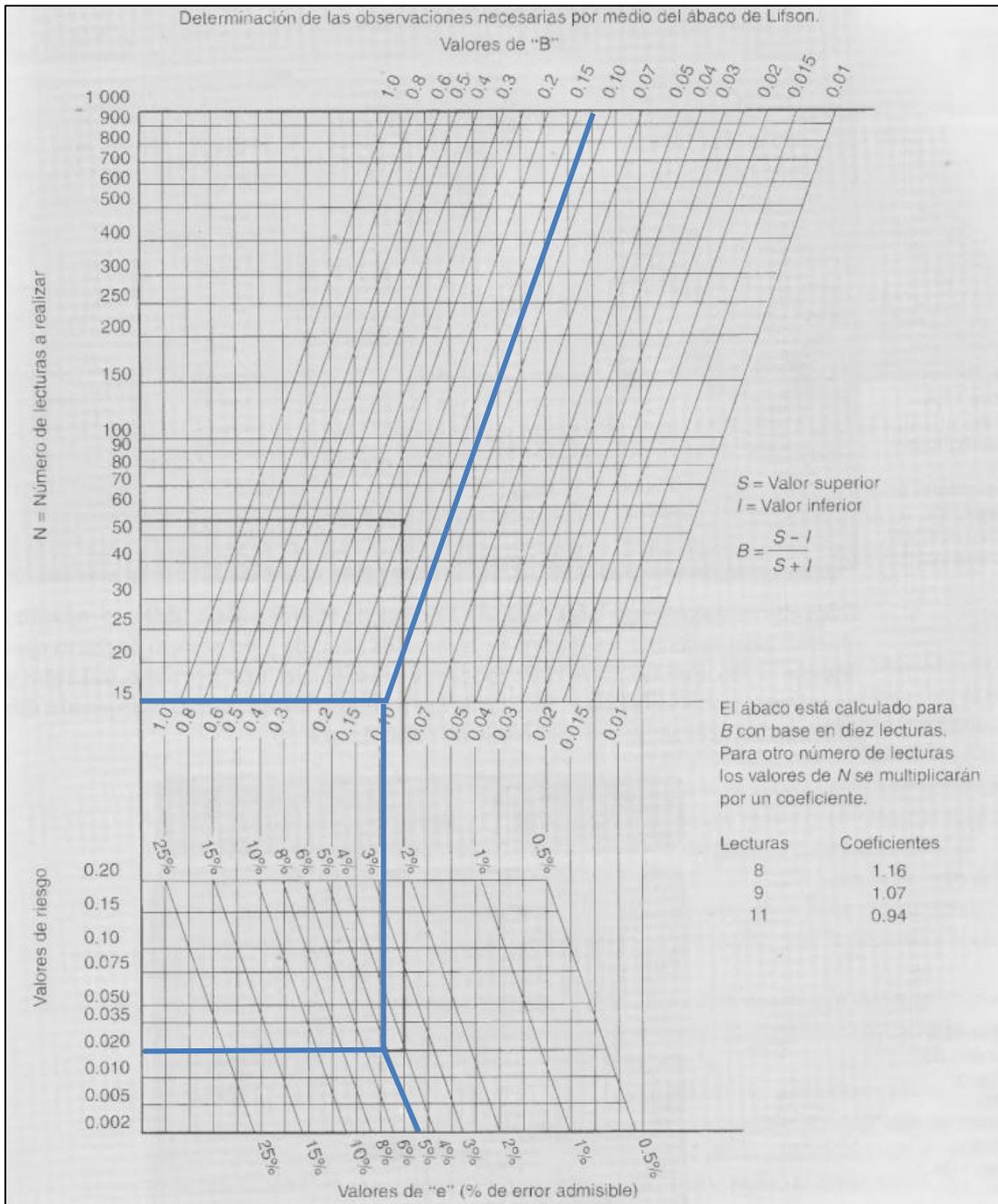
**Tabla 5-3:** Cálculo del factor B

NÚMERO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	VALOR SUPERIOR	VALOR INFERIOR	(S-I)	(S+I)	FACTOR "B"
1	Recepción de materia prima	Transportar el plástico reciclado al área de inspección	110,140	103,590	6,550	213,730	0,031
2		Clasificar al plástico por su densidad e impurezas	1346,820	986,350	360,470	2333,170	0,154
3		Rasgar el plástico selecto	1456,980	1168,740	288,240	2625,720	0,110
4		Depositar el plástico rasgado en las tulas	1492,690	1217,870	274,820	2710,560	0,101
5		Sujetar las tulas con sunchas	170,080	103,540	66,540	273,620	0,243
6		Pesar las tulas	57,090	41,020	16,070	98,110	0,164
7	Aglutinado	Transportar el plástico limpio y sucio al área de aglutinado	97,500	59,360	38,140	156,860	0,243
8		Separar el plástico limpio del sucio	15,960	13,440	2,520	29,400	0,086
9		Desatar la tula	110,260	102,390	7,870	212,650	0,037
10		Incorporar el plástico dentro del tambor de la aglutinadora	960,380	657,080	303,300	1617,460	0,188
11		Mezclar la masa plástica con agua	572,680	415,140	157,540	987,820	0,159
12		Esperar el efecto aglutinado	123,040	105,980	17,060	229,020	0,074
13	Lavado	Retirar el plástico aglutinado del tambor	22,650	18,940	3,710	41,590	0,089
14		Trasladar los gránulos sucios al tanque de sedimentación	24,250	20,890	3,360	45,140	0,074
15		Depositar el plástico granulado en el tanque	38,768	33,600	5,168	72,368	0,071
16		Revolver el plástico granulado	38,720	35,408	3,312	74,128	0,045
17		Esperar que la impurezas se hundan y el plástico flote	431,275	412,425	18,850	843,700	0,022
18		Retirar el plástico limpio de la superficie	176,865	156,650	20,215	333,515	0,061
19	Mezclado	Esperar la filtración del agua con el plástico	427,310	391,560	35,750	818,870	0,044
20		Trasladar a la mezcladora	69,000	53,670	15,330	122,670	0,125
21		Depositar los elementos aglutinados en el tambor de la mezcladora	133,536	106,230	27,305	239,766	0,114
22		Esperar que le mezcla llegue a la temperatura deseada	320,525	198,520	122,005	519,045	0,235
23		Retirar la mezcla aglutinada	37,451	29,085	8,366	66,536	0,126
24		Transportar a la extrusora	36,615	31,951	4,664	68,566	0,068
25	Extrusión	Depositar el saco en la tolva de alimentación	7,565	5,785	1,780	13,350	0,133
26		Inspeccionar el flujo de extrusión (defectos) y controlar los metros del poliducto	1867,478	1827,218	40,260	3694,697	0,011
27	Reproceso	Transportar al área de trituración	7,280	5,740	1,540	13,020	0,118
28		Descargar el poliducto defectuoso	4,580	3,250	1,330	7,830	0,170
29		Cortar los segmentos defectuosos	375,240	359,210	16,030	734,450	0,022
30		Descargar los trozos a la tolva de la trituradora	11,450	9,680	1,770	21,130	0,084
31		Esperar la trituración	240,340	150,820	89,520	391,160	0,229
32		Transportar el pulverizado al área de aglutinado para ser reusado	14,650	9,000	5,650	23,650	0,239
33	Tensado	Tensar el poliducto	344,040	297,338	46,702	641,378	0,073
34		Reiniciar la contadora	65,990	46,731	19,259	112,721	0,171
35		Ajustar con piola nailón los rollos terminados	152,183	139,007	13,176	291,190	0,045
36	Almacenaje de rollos	Transportar al área de almacenaje de producto termoformado	31,586	22,729	8,857	54,314	0,163
37		Sunchar los rollos del poliducto	248,880	219,124	29,756	468,004	0,064
38		Pesar el rollo de poliducto	41,541	25,437	16,104	66,978	0,240
39		Rotular el inicio y final del rollo	43,920	34,258	9,662	78,178	0,124
40		Inspección	19,398	15,262	4,136	34,660	0,119

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Cuando ya se calcula los respectivos factores B en cada una de las actividades del proceso actual se procedió a establecer un promedio de estos valores como resultado es un promedio de 0.12. Utilizamos la herramienta estadística del Ábaco de *Lifson* para realizar el cálculo de las observaciones confiables, cabe mencionar que se usó con un riesgo del 2% y un error admisible del 5%, determinados por el investigador.



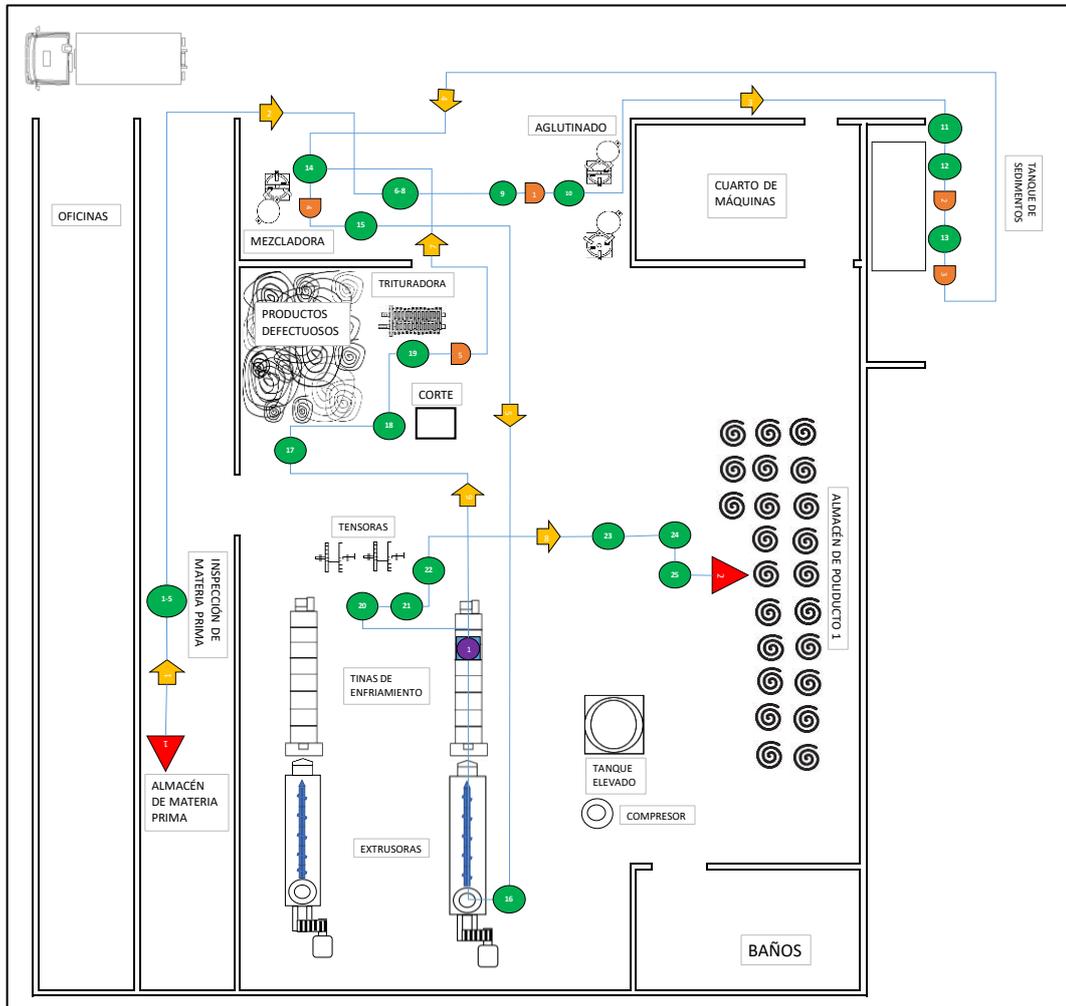
**Ilustración 3-3:** Ábaco de *Lifson* Cálculo de número de observaciones

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022.

Con el error admisible del 5% y un valor de riesgo de 0.02 se graficó en el ábaco de *Lifson* consiguiendo una línea resultante de la confluencia el valor B de 0.12 logrando un punto de intersección en 15 número de mediciones u observaciones a realizar en cada actividad del proceso en Proceflex.

### 3.5.7 Diagrama de recorrido

En el diagrama de recorrido en la fábrica Proceflex se visualiza una idea clara del flujo del producto dentro de la planta de producción, del cómo es el proceso de manufactura del poliducto con cada una de las operaciones representada con simbología técnica y una línea de continuidad.



**Ilustración 4-3:** Diagrama de recorrido fábrica Proceflex

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Se determinó que existe un recorrido significativo al tanque de sedimentación en realizar la actividad de lavado de plástico aglutinado sucio (con impurezas). También en el subproceso de trituración que son actividades que no agregan valor al producto final, incluso generando tiempo improductivo ya que el lapso de trituración es para productos defectuosos que serán reutilizados como materia prima en la estación de extrusión.

### 3.5.8 Diagrama de procesos (inicial)

Para el desarrollo del diagrama de procesos en la fábrica Proceflex se tomó como punto de partida el procesamiento desde la recepción de la materia prima, la cual es plástico reciclado con un peso de una tula que tiene un rango entre 50kg con tolerancia de 1kg que pasará por las actividades de manufactura como son operaciones, transportes, esperas, almacenaje y operaciones combinadas.

**Tabla 6-3:** Diagrama de procesos Proceflex (Parte 1 de 2)

DIAGRAMA DEL PROCESOS									
EMPRESA:	PROCEFLEX			DIAGRAMA N°	1				
MÉTODO ACTUAL:	X			DEPARTAMENTO:	Área de producción				
MÉTODO PROPUESTO:				SUJETO :	Poliducto				
D.EMPIEZA :	Almacenamiento de materia prima			REALIZADO POR:	Juan Díaz				
D. TERMINA:	Almacén de prodcto terminado			HOJA N° 1 DE 1					
N° DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	#	SÍMBOLOS					DISTANCIA (m)	TIEMPO OBSERVADO (S)
1	Transportar el plástico reciclado al área de inspección	1						6.3	108.14
2	Clasificar al plástico por su densidad e impurezas	1							1161.56
3	Rasgar el plástico selecto	2							1324.37
4	Depositar el plástico rasgado en las tulas	3							1381.31
5	Sujetar las tulas con sunchas	4							134.58
6	Pesar las tulas	5							50.10
7	Trasportar el plástico limpio y sucio al área de plástico aglutinado	2						16.8	74.34
8	Separar el plástico limpio del sucio	6							14.28
9	Desatar la tula	7							106.58
10	Incorporar el plástico dentro del tambor de la aglutinadora	8							839.49
11	Mezclar la masa plástica con agua	9							487.42
12	Esperar el efecto aglutinado	1							117.48
13	Retirar el plástico aglutinado del tambor	10							20.55
14	Trasladar los gránulos sucios al tanque de sedimentación	3						14.7	22.46
15	Depositar el plástico granulado en el tanque	11							36.63
16	Revolver el plástico granulado	12							36.93
17	Esperar que la impurezas se hundan y el plástico flote	2							420.81
18	Retirar el plástico limpio de la superficie	13							168.45
19	Esperar la filtración del agua con el plástico	3							413.67

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 7-3:** Diagrama de procesos Proceflex (Parte 2 de 2)

20	Trasladar a la mezcladora	4						14.7	59.84
21	Depositar los elementos aglutinados en el tambor de la mezcladora	14							113.86
22	Esperar que le mezcla llegue a la temperatura deseada	4							269.29
23	Retirar la mezcla aglutinada	15							33.28
24	Transportar a la extrusora	5						23.8	34.48
25	Depositar el saco en la tolva de alimentación	16							6.50
26	Inspeccionar el flujo de extrusión (defectos) y controlar los metros del poliducto	1							1848.51
27	Transportar al área de trituración	6						2.85	6.37
28	Descargar el poliducto defectuoso	17							3.93
29	Cortar los segmentos defectuosos	18							367.76
30	Descargar los trozos a la tolva de la trituradora	19							10.40
31	Esperar la trituración	5							189.38
32	Transportar el pulverizado al área de aglutinado para ser reusado	7						5.6	11.70
33	Tensar el poliducto	20							320.67
34	Reiniciar la contadora	21							54.68
35	Ajustar con piola nailón los rollos terminados	22							145.35
36	Transportar al área de almacenaje de producto termoformado	8						5.5	27.40
37	Sunchar los rollos del poliducto	23							234.89
38	Pesar el rollo de poliducto	24							30.65
39	Rotular el inicio y final del rollo	25							39.01
40	Inspección	2							17.16
41	Inspección	1							

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En las tablas se muestra las actividades del proceso de manufactura del poliducto desde la recepción de la materia prima hasta el respectivo almacenaje, indicando la distancia en metros y el tiempo observado en segundos.

**Tabla 8-3:** Cuadro resumen (inicial)

ELEMENTOS	Símbolo	N°	Tiempo (min)	Distancia (m)
OPERACIÓN		25	118.72	
ALMACENAJE		1	0.29	
DEMORA		5	23.51	
TRANSPORTE		8	5.75	90.25
OP. COMBINADA		2	31.09	
<b>TOTAL</b>		41	179.36	90.25

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Se puede evidenciar que el tiempo total en la transformación de 50-51kg de materia prima en rollos de poliducto con diámetro de ½ con calidad sencillo es de 179.45 minutos equivalente a 3 horas de trabajo en culminar desde la recepción de plástico reciclado hasta el almacenamiento de poliducto para su distribución.

### 3.6 Estandarización del proceso inicial

Mediante el registro inicial de tiempos se calcula el tiempo estándar de cada operación ejecutada en el área de producción de poliductos, con el objetivo de eliminar procesos que no agregan valor al producto final por ende se cronometrará en cada puesto de trabajo para determinar el tiempo observado y el tiempo estándar.

#### 3.6.1 Codificación de actividades

Para la fabricación de poliductos de calidad es necesaria la secuencia de subactividades ejecutadas denominadas en este caso “elementos” para lo cual a continuación en la tabla 9-3 se define y codifica para ser identificadas en el análisis de estandarización.

**Tabla 9-3:** Codificación de los elementos

PROCEFLEX		
Área de producción		
Estación	Elementos	Código
Recepción de materia prima	Transportar el plástico reciclado al área de inspección	A1
	Clasificar al plástico por su densidad e impurezas	A2
	Rasgar el plástico selecto	A3
	Depositar el plástico rasgado en las tulas	A4
	Sujetar las tulas con sunchas	A5
	Pesar las tulas	A6
Aglutinado	Transportar el plástico limpio y sucio al área de aglutinado	B1
	Separar el plástico limpio del sucio	B2
	Desatar la tula	B3
	Incorporar el plástico dentro del tambor de la aglutinadora	B4
	Mezclar la masa plástica con agua	B5
	Esperar el efecto aglutinado	B6
	Retirar el plástico aglutinado del tambor	B7
Lavado	Trasladar los gránulos sucios al tanque de sedimentación	C1
	Depositar el plástico granulado en el tanque	C2
	Revolver el plástico granulado	C3
	Esperar que la impurezas se hundan y el plástico flote	C4
	Retirar el plástico limpio de la superficie	C5
	Esperar la filtración del agua con el plástico	C6
Mezclado	Trasladar a la mezcladora	D1
	Depositar los elementos aglutinados en el tambor de la mezcladora	D2
	Esperar que le mezcla llegue a la temperatura deseada	D3
	Retirar la mezcla aglutinada	D4
Extrusion y tensado	Transportar a la extrusora	E1
	Depositar el saco en la tolva de alimentación	E2
	Inspeccionar el flujo de extrusión (defectos) y controlar los metros del poliducto	E3
	Transportar al área de trituración	E4
	Descargar el poliducto defectuoso	E5
	Cortar los segmentos defectuosos	E6
	Descargar los trozos a la tolva de la trituradora	E7
	Esperar la trituración	E8
Trituración	Transportar el pulverizado al área de aglutinado para ser reusado	F1
	Tensar el poliducto	F2
	Reiniciar la contadora	F3
	Ajustar con piola nailón los rollos terminados	F4
Almacenaje de rollos	Transportar al área de almacenaje de producto termoformado	G1
	Sunchar los rollos del poliducto	G2
	Pesar el rollo de poliducto	G3
	Rotular el inicio y final del rollo	G4
	Almacenar el producto terminado	G5

Fuente: (Procefex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.6.2 Cálculo de tiempos observados

Para determinar el tiempo que el trabajador ejecuta su actividad se procedió a registrar 15 observaciones totales en el área de fabricación del poliducto como sugiere el ábaco de *lifson*, el investigador tomó en consideración varios días, el turno matutino con la diferencia que será

observado a los mismos trabajadores laborando en sus puestos de trabajo como se muestra en la tabla 10-3 para el cálculo de tiempo promedio en la estación de recepción de materia prima.

**Tabla 10-3:** Cálculo de tiempo promedio en recepción de materia prima

		Registro de observaciones														Operario:
		Investigador:	Juan Díaz							Hora inicio:	7:00 a. m.			Operario:	Masculino	
		Fecha:	12/5/2022							Hora fin:	15:00 p. m.			Operario:	Masculino	
Elemento	Observaciones															Promedio (seg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A1	110	105	108	104	105	107	109	109	108	105	110	104	108	110	108	107.33
A2	1234	1183	1081	1023	1022	1118	1055	1262	1102	1295	1199	1208	1069	1331	1171	1156.87
A3	1427	1354	1225	1301	1308	1231	1434	1427	1449	1411	1275	1271	1328	1214	1335	1332.67
A4	1421	1420	1266	1379	1408	1220	1379	1411	1357	1350	1374	1446	1338	1284	1436	1365.93
A5	141	146	121	125	158	137	133	158	108	132	104	166	167	126	138	137.33
A6	49	49	53	42	54	44	55	47	52	47	49	52	42	51	47	48.87
<b>TOTAL</b>																4149.00

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

El cálculo del tiempo promedio de las demás estaciones o subprocesos de Proceflex se encuentran detalladas en el **Anexo C**.

### 3.6.2.1 Promedio de tiempo observado

En resumen, se observa en la tabla 11-3, el tiempo registrado en cada una de las actividades desde A1 hasta H5 desarrolladas en el área de manufactura de Proceflex, explicando el peso en kilogramos que se manufacturando durante el periodo de análisis antes mencionado en el cálculo de tiempos observados.

**Tabla 11-3:** Cálculo de tiempo promedio en Proceflex

SUBPROCESO	TIEMPO OBSERVADO (seg)	TIEMPO OBSERVADO (min)
Elemento A	4149.00	69.15
Elemento B	1632.07	27.20
Elemento C	1096.20	18.27
Elemento D	467.07	7.78
Elemento E	1887.93	31.47
Elemento F	580.73	9.68
Elemento G	534.53	8.91
Elemento G	346.00	5.77
<b>TOTAL</b>	<b>10693.5</b>	<b>178.23</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.6.3 Valoración del ritmo de trabajo

Al tener los datos de las observaciones necesarias seguimos en determinar la respectiva valoración según la tabla de *Westinghouse* mediante el análisis en el registro de tiempos indicado en el capítulo 2, para calcular como se desempeña los trabajadores individualmente a un ritmo normal

de trabajo mediante la habilidad, condiciones laborales, esfuerzo y consistencia lo cual será la sumatoria de estos cuatro factores más la unidad y así determinar el ritmo de trabajo en cada estación de manufactura del poliducto como se indica en la siguiente tabla 12-3 para el subproceso de la recepción de materia prima el cual es plástico reciclado y polímero de segundo uso.

**Tabla 12-3:** Valoración en el proceso de recepción de materia prima

<i>Factor de valoración</i>					
<i>Subproceso de recepción de la materia prima</i>					
<b>HABILIDAD</b>			<b>ESFUERZO</b>		
A1	Habilísimo	+0,13	A1	Excesivo	+0,13
A2	Habilísimo	+0,12	A2	Excesivo	+0,12
B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente	+0,10
B2	Excelente	+0,08	B2	Excelente	+0,08
C1	Buena	+0,05	C1	Bueno	+0,05
C2	Buena	+0,02	C2	Bueno	+0,02
D	Medio	0,00	D	Medio	0,00
E1	Regular	-0,04	E1	Regular	-0,04
E2	Regular	-0,08	E2	Regular	-0,08
F1	Malo	-0,12	F1	Malo	-0,12
F2	Malo	-0,17	F2	Malo	-0,17
<b>CONDICIONES</b>			<b>CONSISTENCIA</b>		
A	Idiales	+0,06	A	Perfecta	+0,04
B	Excelente	+0,04	B	Excelente	+0,03
C	Buenas	+0,02	C	Buena	+0,01
D	Regulares	0,00	D	Regular	0,00
E	Aceptables	-0,03	E	Aceptable	-0,02
F	Deficientes	-0,07	F	Deficiente	-0,04
<b>TOTAL</b>					0.03
<b>Fv = (1+S)</b>					1.03

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Las asignaciones de valoración en habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia de las demás estaciones o subprocesos de Proceflex se encuentran detalladas en el **Anexo D**.

### 3.6.3.1 Resumen del factor de valoración

En la tabla 13-3 detalla el resumen de la valoración del ritmo de trabajo y también el desempeño de los operarios en cada subproceso de la fabricación del poliducto.

**Tabla 13-3:** Resumen factor de valoración de los operarios

RESUMEN	
SUBPROCESO	FACTOR DE VALORACIÓN
Elemento A	1.03
Elemento B	1.03
Elemento C	0.97
Elemento D	0.94
Elemento E	1.05
Elemento F	1.02
Elemento G	1.05
Elemento H	1.04
<b>TOTAL</b>	<b>8.1</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.6.4 Suplementos de trabajo

De igual manera que se calculó el factor de valoración del desempeño, los suplementos constantes y variables serán analizados en cada puesto de trabajo en la manufactura de las mangueras plásticas como lo determina el criterio de valoración de la Organización Internacional de Trabajo tanto para hombres y mujeres detallados en la siguiente tabla 14-3 para la recepción de materia prima.

**Tabla 14-3:** Suplemento en el proceso de recepción de materia prima

Cálculo de Suplementos			
<b>Subproceso:</b>	Recepción de materia prima		
<b>Investigador:</b>	Juan Díaz	<b>Elemento:</b>	A
<b>Fecha:</b>	13/5/2022	<b>Operario</b>	
<b>Suplementos</b>		<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
<b>Constantes</b>	Por necesidades personales	5	-
	Base por fatiga	4	-
<b>Variables</b>	Por trabajar de pie	2	-
	Por postura anormal	0	-
	Uso de fuerza a energía muscular	3	-
	Mala iluminación	0	-
	Condiciones atmosféricas	0	-
	Concentración intensa	0	-
	Ruido	2	-
	Tensión mental	1	-
	Monotonía	1	-
	Tedio	0	-
<b>Porcentaje Total</b>		18	-
<b>s</b>		0.18	-

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Las holguras o suplementos añadidos de las demás estaciones o subprocesos de Proceflex se encuentran detalladas en el **Anexo E**.

### 3.6.4.1 Promedio de suplementos de trabajo

En la tabla 15-3 indica el resumen de los suplementos analizados en los subprocesos de la fábrica Proceflex.

**Tabla 15-3:** Suplemento en el proceso en Proceflex

RESUMEN	
SUBPROCESOS	SUPLEMENTOS
Elemento A	0.18
Elemento B	0.20
Elemento C	0.14
Elemento D	0.21
Elemento E	0.18
Elemento F	0.22
Elemento G	0.22
Elemento H	0.20
<b>TOTAL</b>	<b>1.55</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.6.5 Tiempo estándar inicial

Cuando ya se determinó el promedio de tiempo observado, la valoración del ritmo de trabajo y los respectivos suplementos de cada puesto de trabajo el próximo cálculo es el tiempo estándar como se indica en la siguiente fórmula (11) siendo descrito como el tiempo que un trabajador emplea en sus actividades laborales.

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s) \quad (11)$$

Donde:

Ts = tiempo estándar

To = tiempo observado

Fv = factor de valoración

S = suplemento.

#### 3.6.5.1 Determinación del tiempo estándar en la recepción de materia prima

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 69.15 \times 1.03 \times (1 + 0.18)$$

$$Ts = 84.04 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 24.03 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

#### 3.6.5.2 Determinación del tiempo estándar en el aglutinado

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 27.20 \times 1.03 \times (1 + 0.20)$$

$$T_s = 33.62 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 9.62 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.3 Determinación del tiempo estándar en el lavado

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 18.27 * 0.97 * (1 + 0.14)$$

$$T_s = 22.2 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 5.77 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.4 Determinación del tiempo estándar en el mezclado

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 7.78 * 0.94 * (1 + 0.21)$$

$$T_s = 8.85 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 2.53 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.5 Determinación del tiempo estándar en la extrusión

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 41.47 * 1.05 * (1 + 0.18)$$

$$T_s = 51.38 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 14.7 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.6 Determinación del tiempo estándar en el reproceso / trituración

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 9.68 * 1.02 * (1 + 0.22)$$

$$T_s = 12.05 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 3.45 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.7 Determinación del tiempo estándar en el tensado

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 8.91 * 1.05 * (1 + 0.22)$$

$$T_s = 11.41 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 3.26 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.8 Determinación del tiempo estándar en el almacenaje de rollos

$$T_s = T_o \times F_v \times (1 + s)$$

$$T_s = 5.77 * 1.04 * (1 + 0.20)$$

$$T_s = 7.2 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 2.1 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

### 3.6.5.9 Resumen del tiempo estándar de la línea de producción

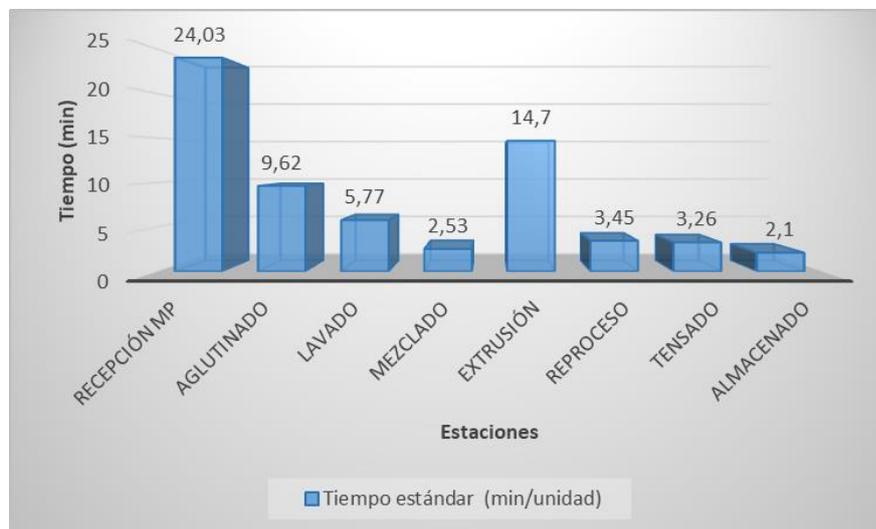
Para determinar el tiempo estándar en la fabricación de poliducto estándar de ½ pulgada, el cual es el más vendido se procederá en sumar los tiempos estándares calculado de los siete subprocesos, en la tabla 16-3 se plasma un resumen del tiempo estándar en minutos por unidad.

**Tabla 16-3:** Resumen del tiempo estándar (Ts) total de cada operación

Subproceso	Tiempo estándar (min/unidad)
Recepción MP	24,03
Aglutinado	9,62
Lavado	5,77
Mezclado	2,53
Extrusión	14,7
Reproceso	3,45
Tensado	3,26
Almacenado	2,1
<b>Total</b>	<b>65,46</b>

Fuente: (Procflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 5-3:** Tiempo estándar total

Realizado por: Díaz Juan, 2022.

Como se visualiza en el tiempo estándar de cada subproceso en la manufactura del poliducto, la operación con la que más tiempo es solicitado en cumplirse es el subproceso de recepción de materia prima con 24.03 minutos, por lo cual delimitará el ritmo de producción del proceso en Procflex en general.

### 3.6.6 Capacidad de producción estándar inicial

Con la ayuda del tiempo estándar determinado en la tabla 16-3 se puede calcular la capacidad de producción que tiene la línea de fabricación del poliducto de riego de ½ pulgada con calidad sencilla. El análisis se realiza en kilogramos de producción como fue estudiado en el diagrama de procesos con un promedio de 50 kg de plástico reciclado desde la recepción de la materia prima pasando por los subprocesos de aglutinado, lavado, mezclado, extrusión, tensado, trituración y

almacenado. Cada 100 metros de poliducto tiene un peso promedio de 14.3 kg cumpliendo con los parámetros de la fábrica.

La fábrica Proceflex labora con un horario diurno desde las 7:00 am hasta las 15:00 pm con una hora para el almuerzo y descanso para los operarios, por ende, se toma en cuenta la capacidad de producción para una jornada laboral de 8 horas y con la intervención de 10 operarios en las actividades de manufactura dentro del área productiva de la empresa.

### 3.6.6.1 Jornada laboral

$$\text{Jornada laboral} = 8 \text{ h} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 480 \text{ min}$$

### 3.6.6.2 Capacidad de producción estándar

$$Cp_s = \frac{1}{T_s} * \text{jornada laboral} \quad (12)$$

#### 3.6.6.2.1 Capacidad de producción – recepción de materia prima

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{24.03 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 20 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.2 Capacidad de producción – aglutinado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{9.62 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 50 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.3 Capacidad de producción – lavado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{5.77 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 83 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### Capacidad de producción – mezclado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{2.53 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 189 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.4 Capacidad de producción – extrusión

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{14.7 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 32 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.5 Capacidad de producción – reproceso

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{3.45 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 139 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.6 Capacidad de producción – tensado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{3.26 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 147 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 3.6.6.2.7 Capacidad de producción – almacenamiento

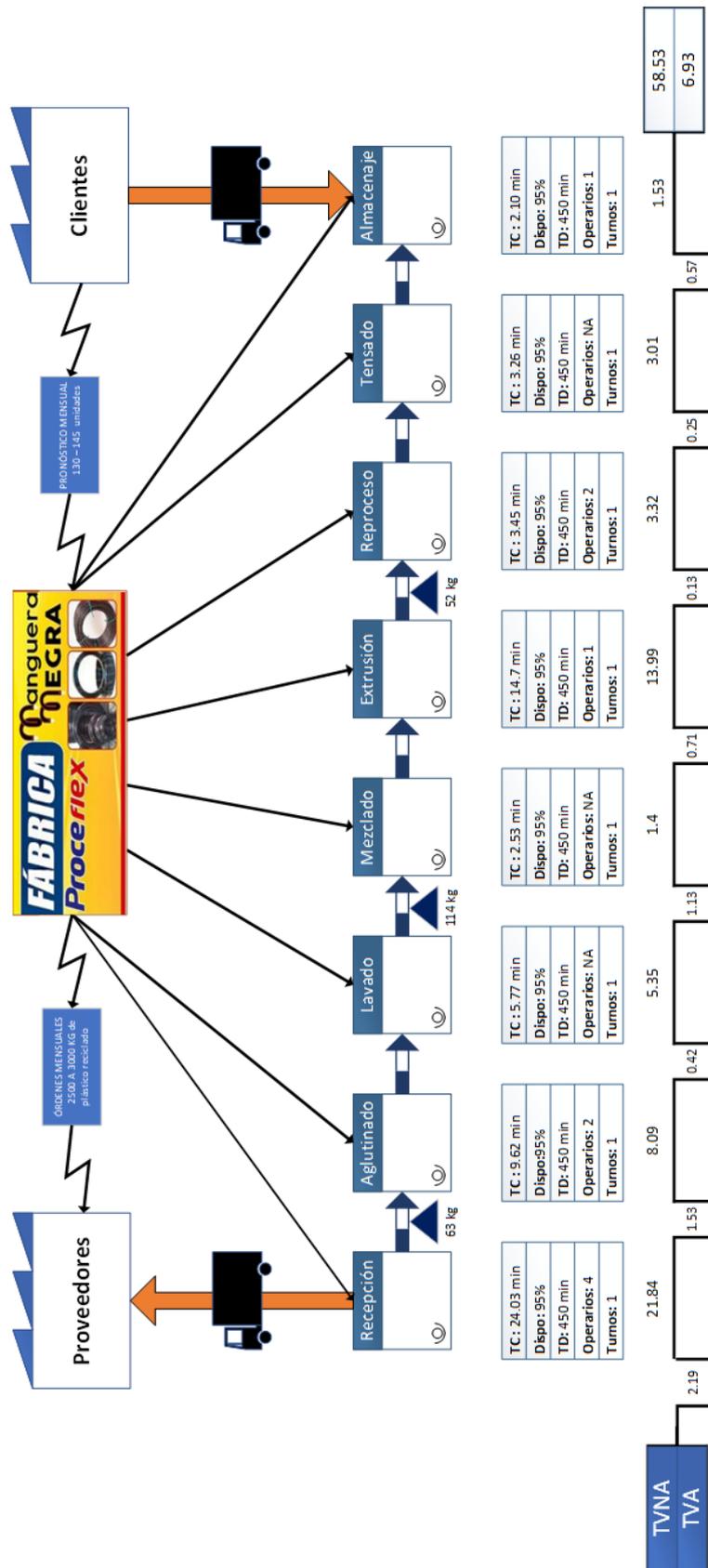
$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{2.1 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 228 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

### 3.6.7 Mapeo de Flujo de Valor actual (VSM)

Lo primero que se debe tener en cuenta en el análisis de la cadena de valor es elegir el producto, pero en el caso de tener productos con los mismos procesos antes descritos con la diferencia del diámetro de la boquilla en la máquina inyectora, se tendrá en cuenta el producto estrella de la fábrica Proceflex que es el rollo de poliducto de 100 metros con una calidad sencilla que es la que se vende a diario generalmente en la ferretería Proceflex.

Dentro de las instalaciones de la empresa Proceflex se identificaron 8 procesos clasificados de la siguiente manera: recepción de materia prima, aglutinado, lavado de impurezas, mezclado, extrusión, reproceso, tensado y almacenaje; donde se realizan actividades que no agregan al producto terminado como son las demoras y transportes en los procesos, consecuentemente se elaboró un VSM inicial mostrándose en la ilustración 6-3 para contemplar soluciones en la disminución de estos desperdicios y/o *mudas*.

Seguidamente, se puede evidenciar el efecto del análisis en la ilustración 6-3, donde TVA es el tiempo de valor agregado y el TVNA es el tiempo de valor no agregado, además se indican que el tiempo disponible (TD) es el total de horas trabajadas en el área de producción de Proceflex donde se muestra en el cálculo del tiempo de jornada laboral con la diferencia de ½ hora de almuerzo otorgado a los trabajadores; el tiempo calculado (TC) se obtuvo de los tiempos calculado previamente antes de la implementación lean.



**Ilustración 6-3:** VSM inicial Proceflex

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Con el VSM inicial se puede identificar las actividades que llevan mayor tiempo en el proceso, las cuales son, la recepción de materia prima y extrusión, son procesos que presentan mayor valor relacionado al tiempo, también en la recepción de la materia prima donde están presente 4 operarios durante el turno diurno, aunque uno de ellos estará presente en el despacho del producto terminado con dirección a la Ferretería Proceflex. Se determina que el tiempo de valor agregado es igual a 58.53 minutos y el valor de tiempo no agregado es de 6.93 minutos por cada rollo de poliducto.

En el desarrollo del procedimiento de reproceso (trituración) es donde no agregan valor al producto en conjunto con los transportes de cada subprocesso debido a los obstáculos de materia procesada o elementos que impiden el traslado seguro de estaciones originando demoras, también los productos defectuosos, los cuales son reutilizados en la manufactura del poliducto, por lo cual disminuir estos productos inconformes por consecuente mejorará la productividad de la empresa.

### 3.7 Cálculo de producción de situación inicial

Para el estudio de producción de situación actual se tendrá en cuenta los 15 tiempos observados como recomienda el ábaco de Lifson en el proceso de estandarización resumidos en la siguiente tabla 17-3.

**Tabla 17-3:** Registro de tiempo estándar promedio observado

Número de observaciones en la manufactura de poliducto							
Actividades					Tiempo observado (min)	Tiempo estándar de 1 tula (min)	Tiempo estándar por unidad (min)
Nº	Operación (s)	Transpote (s)	Operación combinada (s)	Esperas (s)			
1	7369	358	1871	1385	183.05	235.57	67.37
2	7297	333	1852	1400	181.37	233.89	66.89
3	6708	334	1883	1431	172.60	225.12	64.39
4	6908	350	1876	1374	175.13	227.66	65.11
5	6917	352	1846	1437	175.87	228.39	65.32
6	6625	363	1872	1410	171.17	223.69	63.98
7	7030	355	1856	1360	176.68	229.21	65.55
8	7338	337	1879	1351	181.75	234.27	67.00
9	7208	339	1866	1365	179.63	232.16	66.40
10	7291	354	1873	1348	181.10	233.62	66.82
11	7130	354	1862	1369	178.58	231.11	66.10
12	7227	349	1853	1382	180.18	232.71	66.55
13	6932	368	1843	1316	174.32	226.84	64.88
14	7149	365	1854	1461	180.48	233.01	66.64
15	7226	366	1873	1423	181.47	233.99	66.92
Tiempo estándar promedio observado						230.75	65.99

**Fuente:** (Proceflex, 2022)

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la tabla 17-3, indica la sumatoria de tiempos observados y tiempos estándares tanto por cada tula (50kg) y por unidad con una resultante promedio de 230.75 minutos y 66 minutos respectivamente, los datos de operación, transporte, operaciones combinadas y esperas se

determinan por el Anexo C y diagrama de procesos actual de cada 15 muestras previamente determinadas.

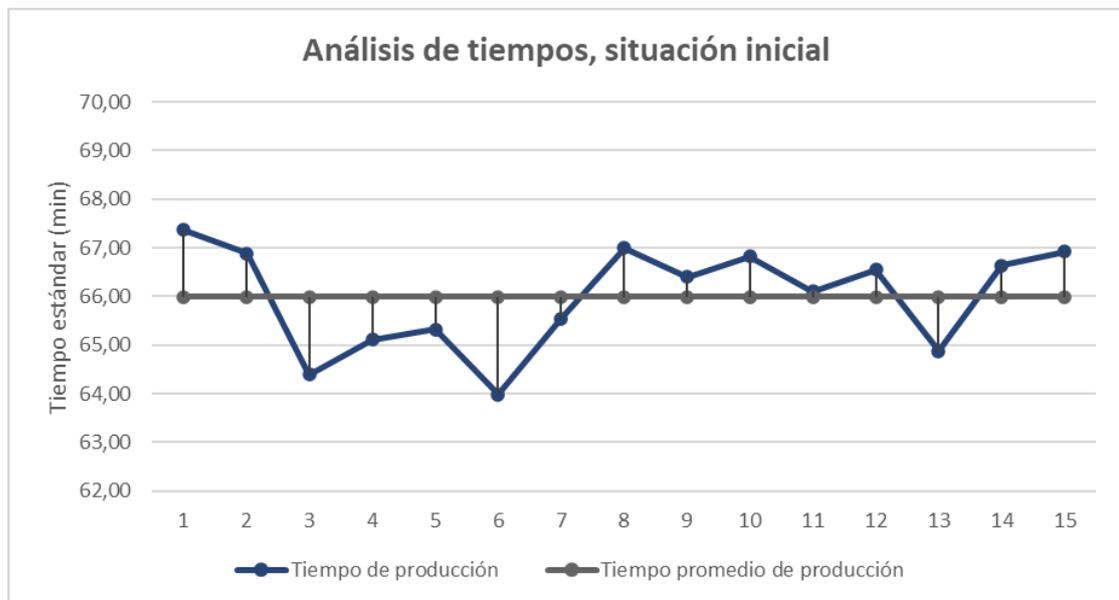
### 3.7.1 Análisis de tiempo de situación inicial

**Tabla 18-3:** Tiempo de producción inicial vs tiempo de promedio de producción

Datos obtenidos de medición de procesos															
	Observación 1	Observación 2	Observación 3	Observación 4	Observación 5	Observación 6	Observación 7	Observación 8	Observación 9	Observación 10	Observación 11	Observación 12	Observación 13	Observación 14	Observación 15
Tiempo de producción	67,37	66,89	64,39	65,11	65,32	63,98	65,55	67,00	66,40	66,82	66,10	66,55	64,88	66,64	66,92
Tiempo promedio de producción	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99	65,99

Fuente: Proceflex

Elaborado por: (Juan Díaz, 2022)



**Ilustración 7-3:** Variabilidad del tiempo de producción

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 7-3, se puede observar la variabilidad existente de la toma obtenida en las 15 observaciones correspondiente a 1 rollo de poliducto que se registraron como muestra en el estudio del proceso.

$$\text{Tiempo total de producción} = \text{Tiempo de abastecimiento} + \text{Tiempo de producción}$$

$$\text{Tiempo total de producción} = 66 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Se obtiene un tiempo de producción por unidad de 66 minutos, por ende, como resultante para la producción de 145 rollos de poliducto al mes, se necesita de un tiempo total de 9570 minutos, es decir, 159.5 horas donde se agregaría el tiempo de abastecimiento, pero para la situación inicial es de 0 minutos justificando que la fábrica tiene disponible la materia prima.

### 3.7.2 Productividad inicial

Para calcular los parámetros de productividad se deben emplear la siguiente información que se muestra en la siguiente tabla 19-3:

**Tabla 19-3:** Medición del proceso inicial

Datos obtenidos		Unidades
Días de trabajo al mes	20	día
Horas de trabajo al día	8	hora
Horas de trabajo al mes	160	hora
Número de unidades elaboradas	145	unidad
Tiempo de ciclo (min/unidad)	66	min/unidad
Tiempo total de producción	9570	min/unidad
Total de producción en horas	159.50	hora
Número de trabajadores	10	unidad

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

A continuación, se calcula la productividad laboral teniendo en consideración los 145 rollos de poliducto que se manufacturan al mes, con la fase de tiempo de producción y la cantidad de operarios presentes.

#### 3.7.2.1 Productividad de jornada laboral inicial

Para el cálculo de la productividad de la jornada laboral se debe seguir con la fórmula (13), que indica el total de rollos de polímero producidos mensualmente entre el total de horas trabajadas por los operarios para la cantidad de trabajadores presentes en el área de producción de Proceflex.

$$Productividad\ laboral = \frac{total\ de\ unidades\ producidas}{horas - hombre\ trabajadas * \#operarios} \quad (13)$$

$$Productividad\ laboral = \frac{145}{159.50 * 10} = 0.09 \frac{unidades}{hora/trabajador}$$

### 3.7.2.2 *Productividad general de la situación inicial*

Como lo fue la productividad de jornada laboral, en la obtención de la productividad general se considerará el total de rollos de poliducto fabricados al mes y el tiempo total solicitado descrito en la ecuación (14):

$$\text{Productividad general} = \frac{\text{total de unidades producidas}}{\text{tiempo total}} \quad (14)$$

$$\text{Productividad general} = \frac{145}{159.45} = 0.91 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$$

Acorde con los resultados obtenidos de la productividad de jornada laboral es de 0.09 rollos de manguera / (hora/trabajador) lo que infiere que es un índice bajo, aunque, se debe tomar en cuenta que los trabajadores realizan otras actividades como despacho de producto o transporte de producto terminado al punto de venta bajo pedidos especiales de Proceflex (ferretería). La productividad general es de 0.91 unidades por hora consiguiendo una producción de 145 rollos de poliductos de ½ pulgada de diámetro en calidad sencilla mensualmente.

### 3.7.3 *Capacidad de producción del proceso inicial*

#### 3.7.3.1 *Capacidad instalada*

$$\text{Capacidad de producción instalada} = \frac{\# \text{ de unidades}}{\text{tiempo}} \quad (15)$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = 0.91 \frac{\text{rollos}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = 145.6 \frac{\text{unidades}}{\text{mes}}$$

La capacidad de producción solicitada en la situación inicial es de 146 rollos de poliductos al mes, considerando las 8 horas laborables en conjunto con los 20 días del mes, logrando determinar que la producción instalada de la fábrica Proceflex es de 1747 unidades al año con este tipo de poliducto.

### 3.8 Tiempos lean iniciales

#### 3.8.1 *Lead time inicial*

Para calcular el *lead time* se debe tomar en consideración los datos *lead* de abastecimiento, producción y transporte, dicho datos se encuentra descrito con el promedio de tiempos de las 15 observaciones plasmados en la tabla 17-3.

$$\text{Lead time} = \text{LT Abastecimiento} + \text{LT transporte} + \text{LT Producción}$$

$$\text{Lead time} = 230.75 \frac{\text{minutos}}{50 \text{ kg}} \times \frac{14.3 \text{ kg}}{1 \text{ unidad}} = 66 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

El *Lead time* es de 230.75 minutos por tula (50kg), es decir de 66 minutos por unidad, cuya ecuación está conformada por la sumatoria de *lead time* de abastecimiento, *lead time* de producción y de transporte para la fabricación de rollos de poliductos en Proceflex.

#### 3.8.2 *Takt time inicial*

##### 3.8.2.1 *Cálculo de tiempo disponible de trabajo*

$$(TDT) = \text{horade jornada laboral} + \text{tiempos extra} \quad (16)$$

$$TDT = 8 \text{ horas} + 0 \text{ horas} = 8 \text{ horas} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 480 \text{ minutos}$$

##### 3.8.2.2 *Cálculo de tiempos no cíclicos*

$$\text{Tiempos no cíclicos (TNC)} = \text{almuerzo} + \text{break} \quad (17)$$

$$TNC = 30 \text{ minutos} + 0 \text{ minutos} = 30 \text{ minutos}$$

##### 3.8.2.3 *Cálculo del tiempo real disponible laboral*

$$\text{Tiempo real disponible laboral (TRDL)} = TDT - TNC \quad (18)$$

$$\text{Tiempo real disponible laboral (TRDL)} = 480 \text{ minutos} - 30 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo real disponible laboral} = 450 \text{ minutos}$$

La demanda mensual de poliducto poliductos con diámetro de ½ pulgada en calidad sencilla es de 180 unidades.

$$\text{Demanda del } \frac{\text{mercado}}{\text{cliente}} (\text{DMC}) = \frac{180 \text{ rollos}}{20 \text{ días}} = 9 \text{ unidades diarias}$$

### 3.8.2.4 Cálculo del Takt time

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo real disponible laboral}}{\text{Demanda del mercado/cliente}} \quad (19)$$

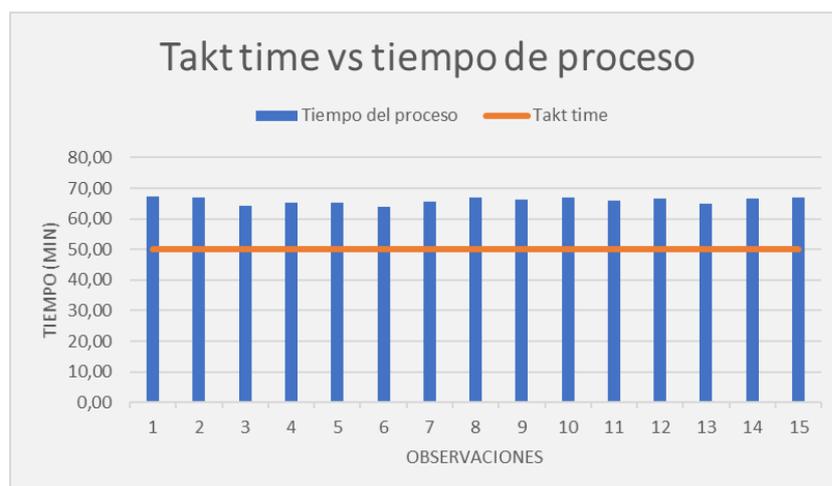
$$\text{Takt time} = \frac{\text{TRDL}}{\text{DMC}} = \frac{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{9 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}} = 50 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}} = 0.83 \frac{\text{horas}}{\text{unidad}}$$

Los datos que se llevaron a cabo para calcular el tiempo *takt* nos indica que es la velocidad con el que la producción debe guiarse para así satisfacer la demanda de los clientes, por ende, las 0.83 horas para fabricar 9 unidades diarias dando una producción de 180 unidades mensuales.

**Tabla 20-3:** Registro de tiempos observados

Registro de tiempos observados en minutos															
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tiempo del proceso	67,37	66,89	64,39	65,11	65,32	63,98	65,55	67,00	66,40	66,82	66,10	66,55	64,88	66,64	66,92
Takt time	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 8-3:** Tiempo takt vs tiempo del proceso inicial

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 8-3 se puede visualizar que el tiempo ciclo excede al tiempo *takt*, por lo cual se infiere que no cumple o no satisface a la demanda del cliente de 180 unidades al mes, se recomienda implementar herramientas *lean* para equilibrar el tiempo de ciclo vs *takt time*.

### 3.9 Análisis de costos de situación inicial

#### 3.9.1 Mano de obra directa inicial (MOD)

**Tabla 21-3:** Costo de mano de obra directa (situación inicial)

Proceso	N° Operarios	Salario Básico Unificado	/145 [h] Tasa por hora (\$)
Fabricación de rollos	10	4250	29,31
Proceso	(1) Tiempo 145 rollos [h]	(2) Tasa por hora (dólares)	(1)x(2) Costo total MO de 145 rollos (dólares)
Fabricación de rollos	1,091	29,31	31,98
<b>Costo de mano de obra por cada rollo</b>			0,19

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 3.9.2 Costo de materia prima (MP)

Por confidencialidad de la empresa para el análisis del costo de materia prima se lo hará con base al precio promedio de venta de plástico reciclado de acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador en los últimos años, el precio que se tomará en el estudio será de USD 0,17 ctvs. por kilo, precio promedio.

**Tabla 22-3:** Costo de materia prima (situación inicial)

Costo de MP por cada rollo (\$)	
Materiales	Costo
Plástico reciclado	2,43
Negro de humo (pigmento)	0,02
Grapas de zunchar	0,03
Correa de zunchar	0,06
Pintura en aerosol	0,01
<b>Costo total</b>	<b>2,55</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.9.3 Costo total

**Tabla 23-3:** Costo total (situación inicial)

Costo directo	Costo total (dólares)
MOD	0,19
Materia prima	2,55
<b>Total</b>	<b>2,74</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Con el costo total obtenido alrededor de 2.74 dólares por cada rollo de poliducto, es multiplicado por las 145 unidades que son producidas por Proceflex, se consigue un costo total de 391.5 dólares al mes.

### 3.9.4 Situación inicial 5'S

Para la auditoria inicial acerca de las 5'S, empezamos con recolección de datos mediante encuestas a los operadores en cada puesto de trabajo del área de producción de poliductos y la directiva de la fábrica, estos datos obtenidos fueron por medio del *check-list*, el cual se puede visualizar en el **Anexo A** y **Anexo B**.

Complementando los resultados del *check-lists*, mediante la apreciación visual dentro de los puestos de trabajo del área de manufactura de mangueras se evaluó con la siguiente auditoria expresada en la siguiente tabla 24-3 continuación:

Tabla 24-3: Auditoria 5'S inicial

		AUDITORIA INICIAL 5'S			
		AUDITOR: JUAN DÍAZ CASTILLO			
		ÁREA AUDITADA: ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Principios 5'S	CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
	0 = Muy deficiente	1=Deficiente	2=Regular	3=Bueno	4 = Muy Bueno
	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS DE MEJORA		
Seiri - Seleccionar "Mantener solo lo necesario"	¿Existen objetos no necesarios que causan molestia en el puesto de trabajo?	3	Revisar los espacios por donde fluye la materia prima		
	¿Existe material primario, semiprocesado o residuos innecesarios en el puesto de trabajo?	2	Situar la materia prima o derivados en lugares propicios		
	¿Se encuentran los objetos de uso frecuente, ordenados en su lugar y adecuadamente identificados en cada puesto de trabajo?	2	Destinar un espacio para situar los objetos de uso frecuente		
	¿Están todos los artículos de limpieza: escobas, guantes, trapos, productos en su ubicación e identificados?	2	Situar los componentes de limpieza, para que no afecte negativamente a las actividades de producción.		
	¿Hay estanterías, mesas y armarios con residuos plásticos u objetos innecesarios?	2	Categorizar los objetos y/o herramientas en lugares destinados con ese fin.		
	SUBTOTAL		11		

	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS DE MEJORA
Seiton - Organizar "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"	¿Existen materiales y/o equipos que no tienen un lugar asignado?	2	Asignar un lugar adecuado para estos elementos
	¿Se distinguen y detectan los derivados de la materia prima cuando pasan al siguiente proceso?	4	Clasificar el producto procesado y residuos en espacios específicos
	¿Existen señalética u otros marcadores para identificar pasillos, puestos de trabajo, etc.?	2	Identificar el puesto de trabajo mediante señalética
	¿Existen obstáculos cerca del elemento de extinción de incendios más cercano?	2	Eliminar los obstáculos en los puestos de trabajo
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>10</b>	

	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS DE MEJORA
Seiso - Limpiar "Un área de trabajo impecable"	¿En el suelo o alrededores del puesto de trabajo existen polvo, virutas de plástico, plástico reciclado y/u otros residuos?	2	Divulgar o sensibilizar sobre la limpieza
	¿Hay existencia de polvo, gotas de aceite en las máquinas o equipos sucios por derivados de plástico?	2	Ejecutar inspecciones habituales sobre limpieza
	¿Existen planes de limpieza que sea planificado por la dirección del área?	2	Desarrollar un plan de limpieza
	¿Existen algún grupo de trabajo, o persona responsable de la supervisión de la limpieza?	3	Implementar el organigrama para 5'S
	¿Se barre y limpia el suelo y puestos de trabajo generalmente sin ser dicho?	4	Desarrollar un plan de limpieza
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>13</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS DE MEJORA</b>

Seiketsu - Estandarizar "Todo siempre igual"	¿Los operarios conocen y efectúan las actividades de forma apropiada?	2	Capacitar al personal sobre procedimientos seguros y estandarizados
	¿La ropa que usa el personal es incorrecta o esta sucia?	2	Capacitar al personal sobre el uso correcto de su vestimenta
	¿Hay zonas destinadas para el descanso y comida?	1	Generar zonas de descanso para los operarios
	¿Se aplican las primeras 3'S?	2	Implementar
	¿Existen procedimientos escritos estandarizados y se utilizan firmemente?	1	Originar procedimientos estandarizados
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>8</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS DE MEJORA</b>
Seitsuke - Seguimiento " Seguir las reglas y ser consistente"	¿Se ejecuta un control de limpieza?	3	Realizar auditorias
	¿Se realizan los informes de auditoría correctamente cada determinado tiempo?	1	Realizar informes
	¿Se pone en práctica las primeras 4'S?	3	Implementar
	¿El personal sabe las 5'S, fue instruido por ello?	1	Capacitar al personal
	¿Se opta la cultura de las 5'S, se practica constantemente los principios seleccionar, ¿organizar y limpiar?	2	Sensibilizar a los operadores
	¿Los empleados usan el uniforme reglamentario como también equipo de protección cuando realizan sus actividades en el proceso productivo?	1	Utilizar equipos de protección personal (EPP)
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>11</b>	

<b>PUNTOS POSIBLES (PP)</b>	125
<b>PUNTOS OBTENIDOS (PO)</b>	53
<b>PUNTAJE (PO/PP)X100</b>	42%

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Las preguntas de la auditoria inicial son clasificadas en un rango de cero (0) que significa el no cumplimiento o el desacuerdo con la interrogante, en cambio obtendrá una calificación de hasta cinco (5) dependiendo del grado de 5'S en la planta de producción. Con ayuda de la información cuantificada en la auditoria inicial 5'S en la empresa Proceflex se procede a calcular el porcentaje de cada "S" en la siguiente tabla 25-3.

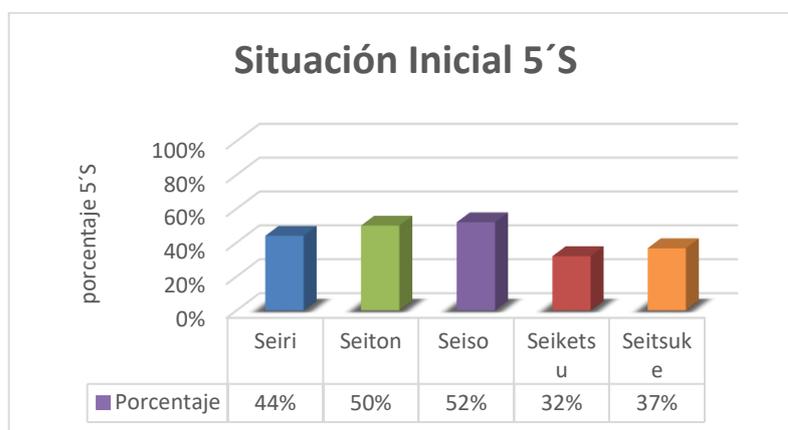
**Tabla 25-3:** Porcentaje de cada "S" inicial.

5'S	Calificación	Calificación óptima	Cumplimiento
Seiri	11	25	44%
Seiton	10	20	50%
Seiso	13	25	52%
Seiketsu	8	25	32%
Seitsuke	11	30	37%
<b>TOTAL</b>			<b>42%</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Resumiendo, los datos obtenidos de la auditoria inicial 5'S arroja una calificación total del 42%, un valor por debajo de lo aceptable para la metodología 5'S, denota que requiere un cambio inmediato en el área de producción para la mejora y el aumento del índice que debe superar el 75% para ser un proceso productivo que rige el orden y la limpieza.



**Ilustración 9-3:** Situación Inicial 5'S

Realizado por: Díaz Juan, 2022

La ilustración 9-3 de barras se apreciaría con claridad los resultados obtenidos en la auditoría de situación actual 5'S de cada ese, antes mencionado en la tabla 25-3.

Uno de los elementos que intervienen en el bajo porcentaje en la auditoría de las 5'S son la presencia de herramientas u objetos innecesarios en los puestos de trabajo, por lo cual no existe un lugar para cada herramienta o cosa en su lugar, las áreas de trabajo y de acopio no se encuentran señalizadas o delimitadas y tampoco no cuentan con un manual de limpieza estandarizado ni con un proceso debidamente estandarizado.

#### *3.9.4.1 Análisis de la primera S – SEIRI*

Posee un cumplimiento del 44% en el cual recae como deficiente, debido que en los puestos de trabajo se puede observar materiales y objetos que son innecesarios en cumplir la actividad laboral, también la empresa Proceflex no cuenta con un programa de retiro inmediato de residuos plásticos especialmente en el área de aglutinado y mezclado los cuales son puntos críticos donde se manipula gránulos de plástico reciclado causando demoras y movimientos innecesarios.

#### *3.9.4.2 Análisis de la segunda S – SEITON*

En base de la ilustración 9-3, indica un cumplimiento del 50% siendo un estado de insuficiencia cumpliendo la mitad de la metodología, por ende, una de las razones notorias son la carencia de señalización y sectorización visual en cada área de trabajo y rutas de circulación, permitiendo así a los operarios informarse sobre los riesgos latentes en cada actividad que se realiza.

#### *3.9.4.3 Análisis de la tercera S – SEISO*

En cuanto a la tercera S, nos muestra un cumplimiento del 52% , que es el parámetro más alto de los demás, ya que la empresa Proceflex persevera por mantener un ambiente de trabajo limpio y placentero para los trabajadores con tiempos de limpieza cuando acaba su horario laboral pero si necesita atención en generar una persona a quién recaía la responsabilidad en cumplir estas tareas de limpieza y mantenimiento porque *SEISO* no está enfocada a realizar limpieza en determinado tiempo sino en asumir la disciplina de ensuciar menos.

#### *3.9.4.4 Análisis de la cuarta S – SEIKETSU*

La medida sobre estandarización cuenta con un cumplimiento del 32%, siendo la más baja de todos los parámetros de la metodología por lo cual, requiere un cambio inmediato, este porcentaje obtenido se refleja porque la empresa tiene un medio tradicional por medio de los trabajadores que tienen un promedio de 10 a 12 años realizando sus actividades empíricamente sin tener un enfoque de normalización por lo que carece de procedimientos registrados que permitan ejecutarlo de manera adecuada, desconociendo técnicas de un trabajo depurado y seguro, además

de la falta de indicaciones visuales o archivos y/o protocolos técnicos para mejorar el entendimiento de maquinaria y repartición de responsabilidades dentro de la empresa.

#### 3.9.4.5 *Análisis de la quinta S – SHITSUKE*

Para concluir se tiene la disciplina con un 37% de cumplimiento, es consecuencia que el ingeniero a cargo ha intentado implementar el plan de mejora continua sobre un ambiente laboral adecuado a los operarios, pero con la falta de conocimiento en cuanto a técnicas de producción. Por parte de los trabajadores existe el interés en comprometerse con la responsabilidad y cultura de disciplina que la metodología 5'S demanda, por ende, se considera impartir capacitaciones sobre la debida implementación de la mejora continua por parte del *lean manufacturing*.

Seguidamente, se presenta la evidencia mediante fotografías de la situación inicial de la fábrica en el área de producción acorde a cada una de las 5'S evaluadas anteriormente.

#### 3.9.4.6 *PRIMERA S – SELECCIONAR*



**Ilustración 10-3:** Situación actual - Primera S

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 10-3, indica la ubicación y el cómo están las herramientas, repuestos, materia prima y demás objetos que no cumplen con ninguna función en los gabinetes de los operarios y rutas de flujo del proceso causando demoras en la manufactura de la empresa.

### 3.9.4.7 SEGUNDA S – ORGANIZAR



**Ilustración 11-3:** Situación actual - Segunda S

**Elaborado por:** (Díaz Juan, 2022)

En la ilustración 11-3, se muestra el desorden en los puestos de trabajo con materia prima, tulas (sacos) y elementos que interrumpen y reducen el paso de los operarios en el proceso de fabricación de poliducto.

### 3.9.4.8 TERCERA S – LIMPIAR



**Ilustración 12-3:** Situación actual – Tercera S

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la ilustración 12-3, se puede visualizar el grado de limpieza y acondicionamiento en el cuarto de máquinas y puestos de trabajo en el área de producción.

### 3.9.5 Análisis de desperdicios

Al realizar el diagrama de procesos y la observación en el levantamiento de información se determinó que por cada 50.6 kg de producto procesado genera 7 kg de productos defectuosos el cuál es almacenado en el área de trituración como se muestra en la ilustración 13-3, para después ser reprocesado en la mezcladora.



**Ilustración 13-3:** Productos defectuosos diarios

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En el área de inyección al terminar el turno 1 de 8 horas de trabajo genera entre 400 a 500 metros de poliducto de ½ pulgada en calidad sencilla de productos con irregularidades los cuales deben ser enviados a reproceso (trituración), ocasionando un promedio de 72 kg de productos defectuosos.

#### 3.9.5.1 Identificación de defectos

Mediante la observación investigativa se identificó que los principales defectos que tiene el poliducto son la consecuencia de las actividades realizadas desde la recepción de la materia prima hasta la extrusora por ende se realizó una hoja referencial a los procedimientos que originan los productos defectuosos para saber los fallos en la extrusión del plástico como se visualiza en la tabla 26-3.

**Tabla 26-3:** Defectos en la extrusora

Área de inyectado	
	
Elongación del poliducto	Burbujas de aire

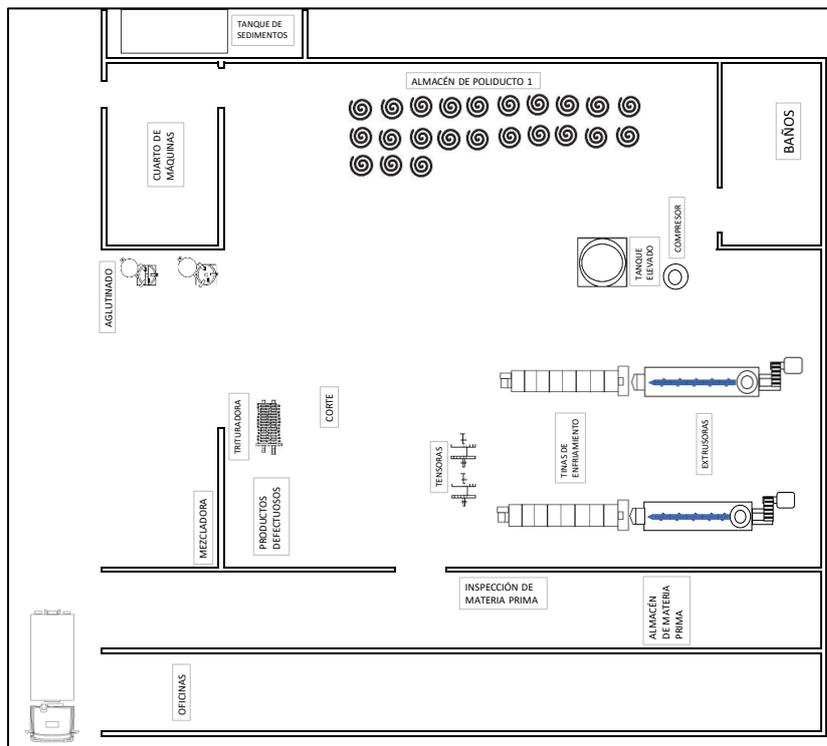
	
Expulsión heterogénea de engrudo	Micro-sólidos presentes

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 3.10 Equipos y máquinas

En las instalaciones de la fábrica Proceflex no registra con documentación acerca de mantenimientos preventivos en base a la herramienta TPM en las máquinas del proceso productivo de poliductos, considerando que se encuentra con extrusoras, aglutinadoras, mezcladoras, bandas de conteo, trituradora y un compresor de aire, los cuales se encuentran en continuo funcionamiento ordenados en cada etapa de manufactura, plasmando la ilustración 14-3. En las siguientes tablas 27-3 hasta 32-3 se indican sus respectivas características.



**Ilustración 14-3:** Ubicación de máquinas y equipos

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 27-3:** Registro de maquinaria (Aglutinadora)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>	<b>PROCEFLEX</b>		Código de maquinaria	MP-A
	<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>			
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	AGLUTINADORA	<b>CARACTERÍSTICAS</b>		
<b>CAPACIDAD (KG)</b>	25	<b>ANCHO</b>	0,73 m	
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO	<b>ALTO</b>	1,34 m	
<b>COLOR</b>	GRIS	<b>LARGO</b>	0,73 m	
<b>PERIODO DE CONSTRUCCIÓN</b>	-----	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>		
<b>FABRICANTE</b>	-----	<b>MOTOR</b>	TRIFÁSICO	
<b>LUGAR DE</b>	-----	<b>NÚMERO DE HP</b>	18	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE AGLUTINADO	<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	1750 RPM	
<b>CAPACIDAD (kg/h)</b>	18	<b>VOLTAJE</b>	V 47	
<b>PESO MÁXIMO PERMISIBLE</b>	60 KG	<b>AMPERAJE</b>	22 A	
<b>Detalle:</b> La aglutinadora se encarga de arrastar el plástico ingresado generando calor para así incrementar su viscosidad mediante la mezcla de agua formando gránulos de plásticos.				
<b>COMPONENTES</b>				
<b>NÚMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>		
1	1	Motor		
2	1	Estructura base		
3	1	Chumasera		
4	4	Cuchillas		
5	1	Compuerta de entrada		
6	1	Tambor		
7	1	Porta cuchillas		
8	1	Compuerta de salida		

**Fuente:** (Proceflex, 2022)

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la tabla 27-3 se puede observar sobre las principales características de la máquina aglutinadora, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

**Tabla 28-3:** Registro de maquinaria (Mezcladora)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>	<b>PROCEFLEX</b>		Código de maquinaria	MP-M
	<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>			
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	MEZCLADORA	<b>CARACTERÍSTICAS</b>		
<b>CAPACIDAD</b>	70 KG	<b>ANCHO</b>	0,65 m	
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO	<b>ALTO</b>	1,20 m	
<b>COLOR</b>	GRIS	<b>LARGO</b>	0,65 m	
<b>PERIODO DE CONSTRUCCIÓN</b>	-----	<b>PESO</b>	300 KG	
<b>FABRICANTE</b>	-----	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>		
<b>LUGAR DE</b>	Ecuador	<b>MOTOR</b>	TRIFÁSICO	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE MEZCLADO	<b>NÚMERO DE HP</b>	30	
		<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	1730 RPM	
<b>PESO MÁXIMO PERMISIBLE</b>	60 KG	<b>TIPO DE ENERGÍA EMPLEADA</b>	V47-23,5A	
<b>Detalle:</b> La mezcladora es aquella que combina los elementos al mismo tiempo aumenta su temperatura para facilitar la extrusión de engrudo plástico.				
<b>COMPONENTES</b>				
<b>NÚMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>		
1	1	Motor		
2	1	Estructura base		
3	1	Chumaseira		
4	2	Cuchillas		
5	1	Compuerta de entrada		
6	1	Tambor		
7	1	Porta cuchillas		
8	1	Compuerta de salida		

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la tabla 28-3 se puede observar sobre las principales características de la máquina mezcladora, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

**Tabla 29-3:** Registro de maquinaria (Extrusora)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>	<b>PROCEFLEX</b>		Código de maquinaria	MP-E
	<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>			
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	EXTRUSORA	<b>CARACTERÍSTICAS</b>		
<b>PESO</b>	132 KG	<b>ANCHO</b>	1,14 m	
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO	<b>ALTO</b>	1,77 m	
<b>COLOR</b>	AZUL / NEGRA	<b>LARGO</b>	2,30 m	
<b>LUGAR DE FABRICACIÓN</b>	BRASIL	<b>PESO</b>	5250 KG	
<b>FABRICANTE</b>	PROCEL / IMMETRO	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>		
<b>VELOCIDAD DE GIRO</b>	95 RPM	<b>MOTOR</b>	SIEMENS	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE INYECCIÓN	<b>NÚMERO DE HP</b>	15	
		<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	1770 RPM	
<b>DIÁMETRO DEL HUESILLO</b>	60 -70 mm	<b>TIPO DE ENERGÍA EMPLEADA</b>	CORRIENTE ALTERNA	
<b>Detalle:</b> La extrusora tiene como función en moldear materias primas como el plástico en un producto fundido por medio de moldes deseados.				
<b>COMPONENTES</b>				
<b>NÚMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>		
1	1	Caja reductora		
2	1	Tolva		
3	1	Huesillo		
4	1	Polea de caja reductora		
5	1	Polea del motor		
6	1	Cadena		
7	1	Estructura		
8	1	Motor		
9	1	Barril o cañon		
10	1	Plato rompedor / filtro		
11	2	Boquilla / cabezal (diámetro del poliducto)		

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la tabla 29-3 se puede observar sobre las principales características de la máquina extrusora, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

**Tabla 30-3:** Registro de maquinaria (Compresor)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>	<b>PROCEFLEX</b>		Código de maquinaria	MP-C
	<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>			
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	COMPRESOR		<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>MODELO</b>	CL7006016		<b>ANCHO</b>	0,56 m
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO		<b>ALTO</b>	1,65 m
<b>COLOR</b>	ROJO / NEGRO		<b>LARGO</b>	0,56 m
<b>PERIODO DE CONSTRUCCIÓN</b>	2010		<b>PESO</b>	106 kg
<b>FABRICANTE</b>	POWERMATE		<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>	
<b>LUGAR DE</b>	USA		<b>MOTOR</b>	BIFÁSICO
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE INYECCIÓN		<b>NÚMERO DE HP</b>	3.7
			<b>TENSIÓN</b>	220 V
<b>FLUJO DE AIRE</b>	40 - 90 PSI		<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	3450 RPM
<b>Detalle:</b> El compresor se utiliza para compactar las paredes internas del poliducto uniformemente mediante aire a presión.				
<b>COMPONENTES</b>				
NÚMERO	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
1	1	Tanque		
2	1	Bomba		
3	1	Correa de transmisión		
4	3	Polea		
5	2	Filtro de aire		
6	3	Válvula de alivio		
7	2	Protector		
8	1	Manómetro		
9	1	Motor		
10	2	Tapón		

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la tabla 30-3 se puede observar sobre las principales características del equipo compresor, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

**Tabla 31-3:** Registro de maquinaria (Banda de Conteo)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>PROCEFLEX</b>	<b>Código de maquinaria</b>	<b>MP-BC</b>
		<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>		
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	BANDA DE CONTEO	<b>CARACTERÍSTICAS</b>		
<b>DISTINTIVO - SERIE</b>	166936-005	<b>ANCHO</b>	1,34 m	
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO	<b>ALTO</b>	1,12 m	
<b>COLOR</b>	NEGRA	<b>LARGO</b>	0,78 m	
<b>PERIODO DE CONSTRUCCIÓN</b>	APROXIMADAMENTE 2002	<b>PESO</b>	120 KG	
<b>FABRICANTE</b>	VEEDER-ROOT	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>		
<b>LUGAR DE</b>	SAO PABLO - BRASIL	<b>MOTOR</b>	ELÉCTRICO	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE TENSADO	<b>NÚMERO DE HP</b>	1 HP	
		<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	1750 RPM	
<b>TIPO DE BANDA</b>	MODULAR	<b>VOLTAJE / WATTS</b>	220 V / 075 KW	
<b>Detalle:</b> La banda de conteo permite contabilizar los metros de poliductos que sale de las tinas de enfriamiento para despues ser tensadas.				
<b>COMPONENTES</b>				
<b>NÚMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>		
1	1	Motor eléctrico		
2	1	Estructura base		
3	2	Banda trasportadora		
4	1	Contadora		
5	4	Poleas		
6	1	Expulsora		
7	1	Cadena de transmisión		
8	2	Piñones		

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la tabla 31-3 se puede observar sobre las principales características de la máquina de conteo, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

**Tabla 32-3:** Registro de maquinaria (Trituradora)

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>PROCEFLEX</b>		Código de maquinaria	MP-MT
		<b>REGISTRO DE MAQUINARIA</b>			
<b>DENOMINACIÓN DE LA MÁQUINA</b>	MOLINO TRITURADORA	<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>DISTINTIVO / MODELO</b>	M10	<b>ANCHO</b>	2,06 m		
<b>CONDICIÓN DE LA MAQUINARIA</b>	EN FUNCIONAMIENTO	<b>ALTO</b>	1,17 m		
<b>COLOR</b>	ROJO / VINO	<b>LARGO</b>	0,78 m		
<b>PERIODO DE CONSTRUCCIÓN</b>	APROXIMADAMENTE 2006	<b>PESO</b>	0,8 T		
<b>FABRICANTE</b>	WENZHOU MANCAN	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>			
<b>LUGAR DE</b>	CHINA	<b>MOTOR</b>	TRIFÁSICO		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	ÁREA DE TRITURADO	<b>NÚMERO DE HP</b>	10 HP		
		<b>VELOCIDAD DE ROTACIÓN</b>	1800 RPM		
<b>PESO MÁXIMO PERMISIBLE</b>	10 - 20 KG	<b>VOLTAJE</b>	220/440V		
<b>Detalle:</b> La trituradora muele los segmentos de poliductos con desperfectos para ser reprocesados en la extrusora.					
<b>COMPONENTES</b>					
NÚMERO	CANTIDAD	DENOMINACIÓN			
1	1	Eje			
2	10	Cuchillas			
3	1	Portacuchillas			
4	1	Cámara de molienda			
5	1	Criba			
6	1	Volante de inercia			
7	1	Tolva de alimentación			
8	1	Tolva de descarga			
9	1	Motor			

**Fuente:** (Proceflex, 2022)

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la tabla 32-3 se puede observar sobre las principales características de la máquina trituradora, los parámetros del motor, la funcionalidad en el área de producción y a su vez se desglosa gráficamente los componentes representados en números, cantidad y denominación.

### 3.11 Índice Overall Equipment Effectiveness actual

Para el análisis del OEE se realizó la selección en la máquina extrusora (MP-E1) de masa plástica, por ser de los equipos de mayores defectos producidos, además manufactura 10 metros por minuto de poliducto de ½ pulgada de diámetro con una calidad sencilla. La inyectora (MP-E2) estaba fuera de servicio por un fallo mecánico, específicamente la ruptura del huesillo helicoidal interno causado por el ausente mantenimiento preventivo en el equipo.

El valor correspondiente a reparaciones y cambios de producción de tomo de la tabla 33-3, donde se especifica la lubricación de la boquilla o dado extrusor, calibración horizontal y otros. En la fase de eficiencia también se tomaron valores sobre el reinicio del conteo y lubricación.

**Tabla 33-3:** Cálculo OEE de la extrusora (MP-E1)

<b>PROCEFLEX</b>		
<b>Cálculo del OEE</b>		
<b>Máquina:</b> Extrusora MP-E1		<b>Fecha:</b> 2022-02-25
<b>Turno:</b> 1		<b>Producto:</b> Poliducto
<b>Tiempo de producción</b>	Tiempo total (minutos)	480
	Tiempo disponible (minutos)	450
	Tiempo operativo (horas)	6.57
	Tiempo operativo (minutos)	394
<b>Disponibilidad</b>	Reparaciones y cambios de productos (minutos)	56
	Tasa de disponibilidad	87.56%
<b>Producción</b>	Producción real (rollo)	8.25
	Velocidad de producción (rollos/hora)	1.10
	Producción teórica (rollo)	10.0
<b>Eficiencia</b>	Paros menores y reducción de velocidad (minutos)	16
	Tiempo eficiente (minutos)	378
	Tasa de eficiencia	83%
<b>Calidad</b>	Materia defectuosa (rollo)	4.5
	Tasa de calidad	45%
<b>OEE = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad</b>		<b>32.83%</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

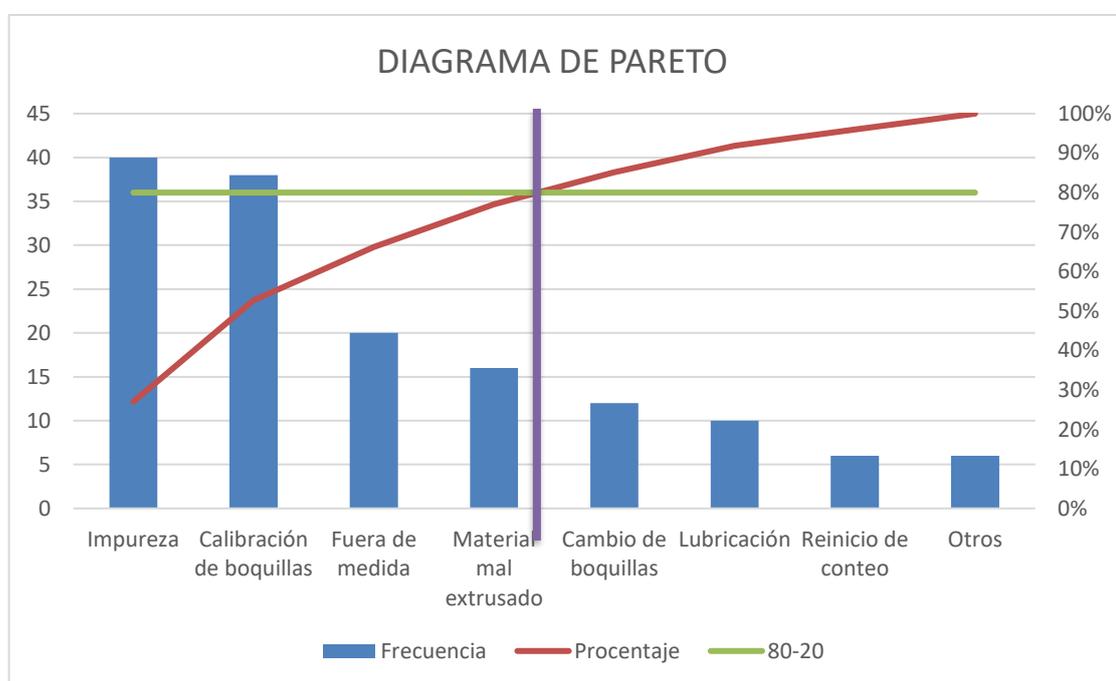
La postura actual de esta máquina da referencia a los defectos se presenta en la tabla 33-3, indicando que el coeficiente de disponibilidad es de 87.56%, la tasa de producción es de 83% pero la tasa de calidad es del 45% lo que refleja un valor muy bajo para el indicador OEE concluyendo un 32.83 % promedio, que mediante las herramientas *lean* incrementará su porcentaje por encima del 75% para clasificar como aceptables e inclusive llegar a una buena competitividad.

**Tabla 34-3:** Datos de tiempos improductivos

Tiempos perdidos	
Causa	Minutos
Calibración de boquillas	38
Calibración horizontal	12
Reinicio de conteo	6
Lubricación	10
Detección de impureza	40
Fuera de medida	20
Material mal extrusado	16
Otros	6

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 15-3:** Diagrama 80-20 relación a tiempos improductivos

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 15-3 se muestra el diagrama de Pareto de los tiempos improductivos referente en la extrusora de plástico (MP-E1) donde indica que el 20 por ciento de las impurezas en la masa plástica, calibraciones de boquillas, fueros de medidas del espesor y el material mal inyectado producen el 80 por ciento de los desperfectos en la superficie de los poliductos originando productos defectuosos.

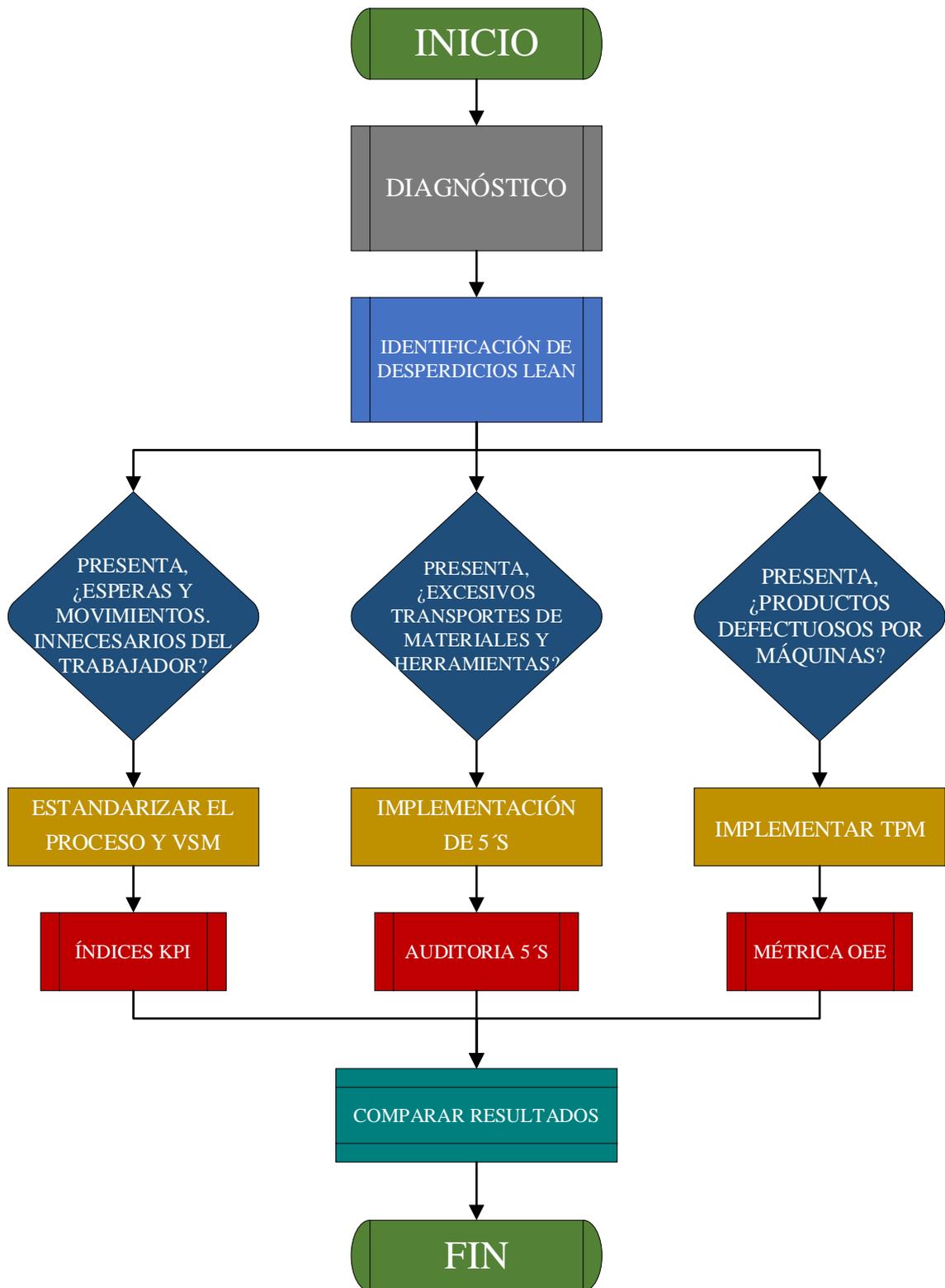
### 3.12 Metodología para el mejoramiento de la productividad

**Tabla 35-3:** Cuadro de metodología a implementar en Proceflex.

METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN		
MEJORA	HERRAMIENTA LEAN	PASOS DE IMPLEMENTACIÓN
Eliminación de tiempos no necesarios	VSM	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Preparación del diagrama de procesos de situación inicial.</li> <li>2.- Creación del diagrama de recorrido de situación inicial.</li> <li>3.- Elaboración del diagrama de flujo de procesos de la situación inicial.</li> <li>4.- Estandarización del proceso inicial.</li> <li>5.- Diseño y construcción del Value Stream Map inicial (VSM).</li> <li>6.- Elaboración del diagrama de procesos de la situación actual, ya implementado las herramientas de mejora.</li> <li>7.- Diseño y construcción del Value Stream Map actual (VSM).</li> <li>8.- Normalización del proceso actual.</li> <li>9.- Evaluación de resultados.</li> <li>10.- Diferencia entre situación inicial y actual.</li> </ol>
Orden, limpieza y estandarización	5'S	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Analizar los resultados conseguidos en la primera auditoria 5'S.</li> <li>2.- Asignar responsables dentro del grupo de trabajo.</li> <li>3.- Lanzamiento del programa con los operarios.</li> <li>4.- Elaboración y ubicación de la pancarta informativa de la metodología 5'S.</li> <li>5.- Aplicación de Seiri con la identificación de elementos necesarios para el desarrollo de cada actividad en los puestos de trabajo.</li> <li>6.- Aplicación de Seiton, delimitando e indicando la ubicación correcta de los elementos necesarios para la ejecución de procedimientos normalizados</li> <li>7.- Añadiendo señalizaciones en lugares estratégicos de trabajo.</li> <li>8.- Aplicación de Seiso, en la instrucción sobre la limpieza en sus puestos de trabajo con manuales establecidos</li> <li>9.- Aplicación de Seiketsu, mediante el control visual y estandarización de hojas del manual de limpieza que debe realizar en cada área del proceso.</li> </ol>

		<p>10.- Asignación de responsabilidades para el Comité 5'S.</p> <p>11.- Aplicación de Shitsuke, seguimiento de todas las "S" mencionadas.</p> <p>12.- Elaboración de la auditoria final.</p> <p>13.- Análisis de resultados, comparando el estado inicial vs la situación actual.</p>
<p>Eliminación de defectos por errores de maquinaria (mantenimiento preventivo) y humanos.</p>	<p>TPM</p>	<p>1.- Análisis de consecuencias de tiempos improductivos que pueden ocurrir dentro del proceso de poliductos.</p> <p>2.- Evaluación inicial del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE).</p> <p>3.- Elaboración de los planes de mantenimiento preventivo para las máquinas que trabajan en la manufactura del poliducto.</p> <p>3.- Denominación de procedimientos en el mantenimiento limitando por periodos en el plan de mantenimiento.</p> <p>4.- Monitorear y estandarizar de los procedimientos de mantenimiento.</p> <p>5.- Evaluación actual del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), verificando cambios positivos.</p>

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022



**Ilustración 16-3:** Esquema de mejora lean

Realizado por: Díaz Juan, 2022

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Implementación de la herramienta 5'S

Previamente a la implementación de las 5'S se realiza el lanzamiento del plan informativo con el objetivo de difundir como se maneja la herramienta esbelta a todo el personal operativo y a personas ajenas de la fábrica, por ende, se diseñó una pancarta informativa y el correcto uso del uniforme laboral del trabajador, la cual se colocó en la parte superior de la entrada de la empresa Proceflex.



**Ilustración 1-4:** Pancarta 5'S

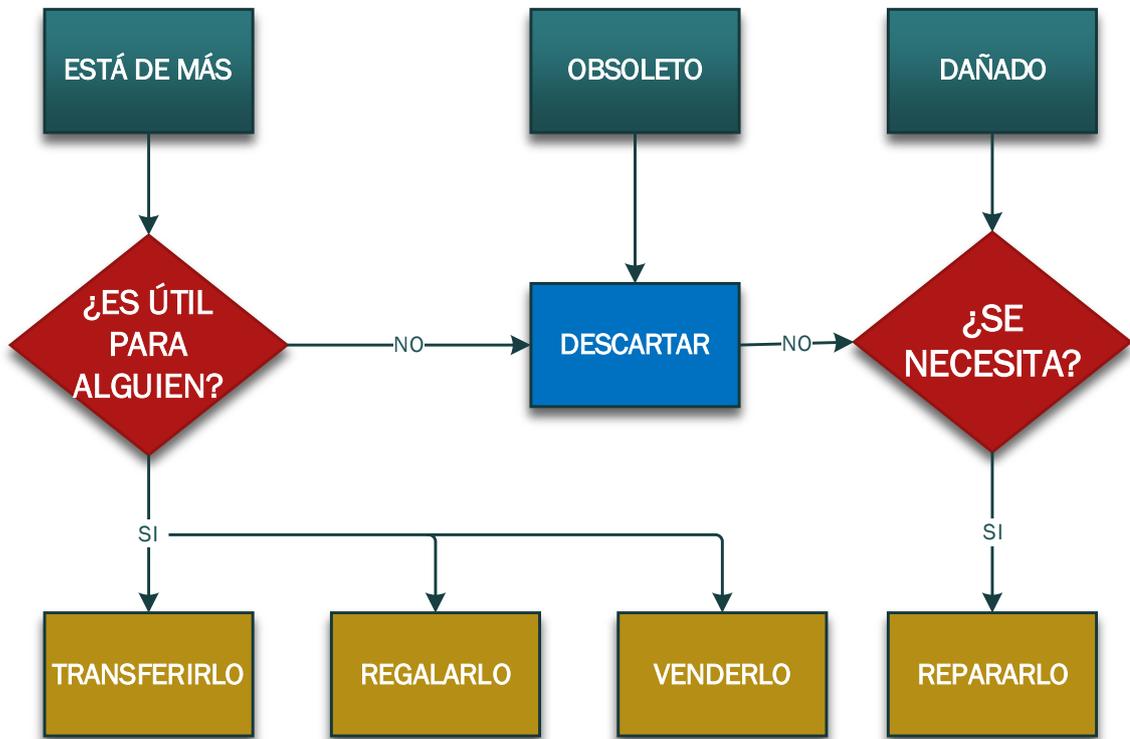
Realizado por: Díaz Juan, 2022

##### 4.1.1 Fase 1: Aplicación Seiri (Seleccionar)

La finalidad de la primera fase (*SEIRI*), es en la eliminación los objetos que no aportan una función necesaria en cada lugar de trabajo tales como: equipos, materia prima, herramientas, materia procesada / producto terminado y residuos causando un mal práctica del trabajador al realizar sus actividades facilitando el proceso de manufactura del poliducto.

Especialmente en los puestos de recepción de materia prima no se colocan de manera ordenada las tulas de almacenamiento impidiendo el paso libre de los trabajadores, además se observa un exceso de materia reprocesado en el área trituración ocasionado por defectos del mismo, de igual manera el operario no puede circular en la actividad de transportar los gránulos aglutinados hacia la extrusora por los obstáculos existentes, también al momento de zunchar el rollo y ser acaparado

no se tiene un orden al ser almacenado, por ende se necesita implementar *SEIRI* para eliminar los objetos que no aportan valor en el proceso y así generar una cultura a los operarios que en su puesto de trabajo debe conocer con exactitud qué elementos son necesarios en sus respectivas actividades que realizará, sean estas herramientas, equipos, materiales, etc.



**Ilustración 2-4:** Proceso SEIRI

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para que los operarios puedan identificar los objetos necesarios e innecesarios de cada área de subproceso, a continuación, se enlistará los elementos necesarios en la ejecución de cada actividad, donde se indicará el equipo de protección personal (EPP), herramientas y objetos obligatorios desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado.

**Tabla 1-4:** Elementos necesarios para la recepción de materia prima

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA</b>			
		<b>ELABORADO POR:</b>		<b>JUAN DÍAZ</b>	
		<b>ACEPTADO POR:</b>		<b>ING. CARLOS VERA</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>
Tula			Escoba		
Balanza			Cuchilla de banco		
Guantes de protección		<i>NTE INEN-EN 420 2017-07: Guantes de protección - Categoría 2</i>	Mascarilla		<i>NTE INEN 2924 2014-xx: Equipos de protección respiratoria, mascarillas de protección contra partículas, requisitos.</i>
Hilo nailon			Calzado		<i>NTE INEN 1 926 - 1992-08: Calzado de trababajo y seguridad. Clase A y clase B.</i>
Casco		<i>NTE INEN 146:2013</i>			

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en la recepción de materia prima, en la tabla 1-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 2-4:** Elementos necesarios para el aglutinado

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>AGLUTINADO</b>			
		<b>ELABORADO POR:</b>		JUAN DÍAZ	
		<b>ACEPTADO POR:</b>		ING. CARLOS VERA	
<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>
Tapones de oído		<i>UNE-EN 352-2:2003 Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos</i>	Escoba		
Guantes de protección		<i>NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)</i>	Recipiente plástico		
Lentes de seguridad		<i>NTE INEN-ISO 4849 Primera edición: Protectores oculares individuales - especificaciones (ISO 4849:1981, IDT)</i>	Saco de polipropileno (50kg)		
Alicate de corte			Mascarilla		<i>NTE INEN 2423:2013 Primera revisión: Seguridad, equipos de protección respiratoria para gases y vapores, requisitos.</i>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en el aglutinado del plástico, en la tabla 2-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 3-4:** Elementos necesarios para el mezclado

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>MEZCLADO</b>			
		<b>ELABORADO POR:</b>		JUAN DÍAZ	
		<b>ACEPTADO POR:</b>		ING. CARLOS VERA	
<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>
Tapones de oído		<i>UNE-EN 352-2:2003 Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos</i>	Escoba		
Guantes de protección		<i>NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)</i>	Balde 100 ml		
Lentes de seguridad		<i>NTE INEN-ISO 4849 Primera edición: Protectores oculares individuales - especificaciones (ISO 4849:1981, IDT)</i>	Saco de polipropileno (50kg)		
Mascarilla		<i>NTE INEN 2423:2013 Primera revisión: Seguridad, equipos de protección respiratoria para gases y vapores, requisitos.</i>			

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en mezclado de gránulos plásticos, en la tabla 3-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

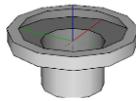
**Tabla 4-4:** Elementos necesarios para el lavado de impurezas

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>LAVADO (SEDIMENTACIÓN)</b>			
		<b>ELABORADO POR:</b>		<b>JUAN DÍAZ</b>	
		<b>ACEPTADO POR:</b>		<b>ING. CARLOS VERA</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>
Carretilla			Tanque de sedimentación		
Recipiente filtrador			Saco de polipropileno (50kg)		
Guantes de protección		<i>NTE INEN-EN 420 2017-07: Guantes de protección - requisitos generales</i>			

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en el lavado de gránulos con impurezas, en la tabla 4-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 5-4:** Elementos necesarios para la extrusión

<b>FÁBRICA Proceflex</b>		<b>EXTRUSIÓN</b>			
		<b>ELABORADO POR:</b>		JUAN DÍAZ	
		<b>ACEPTADO POR:</b>		ING. CARLOS VERA	
<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Figura</b>	<b>Reglamento normativo</b>
Traje aluminizado		NFPA 1971-2018. <i>Ropa de protección contra ambientes calurosos</i>	Tapones de oído		UNE-EN 352-2:2003 <i>Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos</i>
Guantes de protección		NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: <i>Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)</i>	Cortadora de poliductos		
Lentes de seguridad		NTE INEN 3125: <i>Protectores oculares individuales, requisitos y métodos de ensayo.</i>	Alicate universal		
Boquilla o dado de extrusión (por medida)					

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en la extrusión y tensado del poliducto, en la tabla 5-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 6-4:** Elementos necesarios para reproceso de productos defectuosos

FÁBRICA Proceflex		REPROCESO			
		ELABORADO POR:		JUAN DÍAZ	
		ACEPTADO POR:		ING. CARLOS VERA	
Elemento	Figura	Reglamento normativo	Elemento	Figura	Reglamento normativo
Sierra circular de mesa			Balde de 100 ml		
Tapones de oído		UNE-EN 352-2:2003 Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos	Lentes de seguridad		NTE INEN-ISO 4849 Primera edición: Protectores oculares individuales - especificaciones (ISO 4849:1981, IDT)
Guantes de protección		NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)	Escoba		

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en la trituración de productos defectuosos, en la tabla 6-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 7-4:** Elementos necesarios para el tensado

FÁBRICA Proceflex		TENSADO			
		ELABORADO POR:		JUAN DÍAZ	
		ACEPTADO POR:		ING. CARLOS VERA	
Elemento	Figura	Reglamento normativo	Elemento	Figura	Reglamento normativo
Bobina manual			Calzado		NTE INEN 1 926 - 1992-08: Calzado de trabajo y seguridad. Clase A.
Tapones de oído		UNE-EN 352-2:2003 Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos	Hilo nailon		
Guantes de protección		NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)	Cortadora de poliductos		

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en la estación de tensado, en la tabla 7-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

**Tabla 8-4:** Elementos necesarios para el almacenamiento

		ALMACENAJE			
		ELABORADO POR:		JUAN DÍAZ	
		ACEPTADO POR:		ING. CARLOS VERA	
Elemento	Figura	Reglamento normativo	Elemento	Figura	Reglamento normativo
Mascarilla		<i>NTE INEN 2924 2014-xx: Equipos de protección respiratoria, mascarillas de protección contra partículas, requisitos.</i>	Grapas de zunchar		
Pintura en aerosol			Guantes de protección		<i>NTE INEN-EN 407 Segunda edición 2017-07: Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)</i>
Correa de zunchar (zuncho)			Alicate de corte		
Balanza					

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Para la correcta actividad en el almacenaje de producto terminado, en la tabla 8-4, se plasma objetos necesarios que deben estar siempre disponibles, así como también los equipos de protección personal que están con su respectivo reglamento normativo para garantizar la seguridad del o los operarios.

#### 4.1.2 Fase 2: Aplicación Seiton (Ordenar)

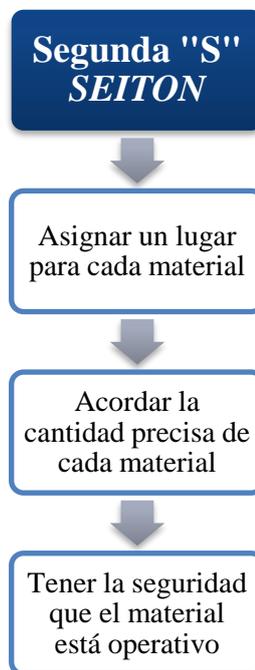
Cuando ya se tiene identificado los elementos necesarios en cada subproceso, dichos objetos se deben mantener ordenados y colocados de manera visible y sin complicaciones al ser adquiridos para que sean identificados por los trabajadores, impidiendo lapsos de búsqueda, movimientos prolijos y esfuerzos que interfieren en la continuidad del proceso. Con el fin de disminuir los parámetros mencionados con anterioridad *Seiton* u ordenar influye bajo los siguientes criterios de

frecuencia vs ubicación garantizando el orden de estos objetos que se tiene en cada puesto de trabajo como se muestra en la siguiente tabla 9-4 e ilustración 3-4 respectivamente.

**Tabla 9-4:** Criterios de frecuencia y ubicación de objetos

FRECUENCIA	UBICACIÓN
Objeto usado muchas veces	Ubicarlo lo más cercano posible al operario
Objeto usado varias veces al día	Ubicarlo cerca del operario
Objeto usado varias veces a la semana	Ubicarlo cerca del puesto de trabajo
Objeto usado algunas veces al mes	Ubicarlo entre áreas o puestos de trabajo
Objeto usado algunas veces al año	En algún lugar con su debida identificación
Objeto no usado, pero podría utilizarse con otro fin	Ubicarlo en un área destinada para estos objetos

Realizado por: Díaz Juan, 2022

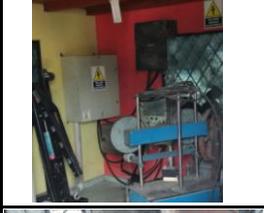


**Ilustración 3-4:** Proceso SEITON

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En el área de manufactura de poliducto de la empresa Proceflex se utilizan en su mayoría grapas y correas de sunchar además de sacos de polipropileno, elementos de limpieza y recipientes plásticos como baldes, tachos en cuales transportan el material procesado hasta su almacenamiento, entre otros. Por ende, basando en los criterios de la filosofía *SEITON* se tendrá un orden y organización para que estos objetos estén en lugares estratégicos y no dificulten en los distintos puestos laborales consiguiendo dar mejor visualización, minimizar la circulación de materiales y/o material semiprocésado del área de producción.

**Tabla 10-4:** Situación inicial vs situación actual (*seiton*)

ÁREA	INICIAL	MEJORADO
Sunchado de rollos		
Bodega de producto terminado		
Cuarto de máquinas		
Pasillo de productos defectuosos (trituración)		

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.1.2.1 Normas para señalización

El investigador se guiará del Decreto Ejecutivo 2393 donde establece lo siguiente:

**Numeral 1.** La señalización de seguridad se establecerá en orden a indicar la existencia de riesgos y medidas a adoptar ante los mismos, y determinar el emplazamiento de dispositivos y equipos de seguridad y demás medios de protección. **Numeral 2.** La señalización de seguridad no sustituirá en ningún caso a la adopción obligatoria de las medidas preventivas, colectivas o personales necesarios para la eliminación de los riesgos existentes, sino que serán complementarias a las mismas. **Numeral 3.** La señalización de seguridad se empleará de forma tal que el riesgo que indica sea fácilmente advertido o identificado. (Cordero, 2003, p. 58)

De acuerdo a la normativa NTE INEN-ISO 3864-1:2013, nos aclara sobre los símbolos gráficos, colores de seguridad y señales de seguridad que son adecuados para la colocación e identificación visual correcta por parte de los trabajadores como se plasma en la siguiente tabla 11-4.

**Tabla 11-4:** Elementos necesarios para el almacenamiento

FIGURA GEOMÉTRICA	SIGNIFICADO	COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	COLOR DEL SÍMBOLO GRÁFICO	EJEMPLOS DE USO
 CÍRCULO CON UNA BARRA DIAGONAL	PROHIBICIÓN	ROJO	BLANCO	NEGRO	NO FUMAR, NO BEBER AGUA, NO TOCAR.
 CÍRCULO	ACCIÓN OBLIGATORIA	AZUL	BLANCO	BLANCO	USAR PROTECCIÓN PARA LOS OJOS, USAR ROPA DE PROTECCIÓN, LAVARSE LAS MANOS.
 TRIÁNGULO EQUILÁTERO CON ESQUINAS EXTERIORES REDONDEADAS	PRECAUCIÓN	AMARILLO	NEGRO	NEGRO	PRECAUCIÓN: SUPERFICIE CALIENTE, RIESGO BIOLÓGICO, ELECTRICIDAD.
 CUADRADO	CONDICIÓN SEGURA	VERDE	BLANCO	BLANCO	PRIMEROS AUXILIOS, SALIDA DE EMERGENCIA, PUNTO DE ENCUENTRO DURANTE UNA EVACUACIÓN.
 CUADRADO	EQUIPO CONTRA INCENDIOS	ROJO	BLANCO	BLANCO	PUNTO DE LLAMADO PARA ALARMA DE INCENDIO, RECOLECCIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIOS, EXTINTOR DE INCENDIOS.
 RECTÁNGULO	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	BLANCO / COLOR DE SEGURIDAD DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD	BLANCO	NEGRO O BLANCO	CUALQUIERA

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la fabricación de poliductos plásticos como almacenaje de producto terminado, extrusión de plástico y cuarto de máquinas se observa que hace falta y es necesaria la actualización de una correcta señalización en áreas del proceso. Estas indicaciones de seguridad serán de carácter: precaución, acción obligatoria, equipo contra incendios, entre otros, además su dimensionamiento será de 20 cm por 30 cm y fabricados por PVC Sintra con vinil adhesivo, estas serán implementados en cada estación de trabajo de Proceflex como se muestra en la siguiente tabla 12-4 visualizando un antes y después de la colocación de estas señales de seguridad.

Tabla 12-4: Implementación de señaléticas

		<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN (PROCEFLEX)</b>	
SEÑAL	ÁREA	ANTES	DESPUES
 <p>PROHIBIDO FUMAR</p>	Recepción de materia prima		
 <p>PELIGRO RIESGO ELÉCTRICO</p>	Extrusión de poliducto		
 <p>SOLO PERSONAL AUTORIZADO</p>	Salida del almacenaje de producto terminado		
 <p>ES OBLIGATORIO USAR GUANTES</p>	Tensado del rollo plástico		
 <p>ES OBLIGATORIO USAR PROTECTOR ACÚSTICO</p>	Triturado y aglutinado		
 <p>ES OBLIGATORIO USAR CALZADO DE SEGURIDAD</p>	Sección de corte de defectos		
 <p>ES OBLIGATORIO USAR CASCO</p>	Recepción de materia prima		

	Aglutinado		
	Recepción de materia prima		
	Salida de producto terminado		
	Almacenaje de producto terminado		
	Almacenaje de producto terminado		
	Extrusora		
	Recepción de materia prima		

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.1.3 Fase 3: Aplicación Seiso (Limpieza)

En la filosofía *SEISO* se enfoca en la eliminación de suciedad, desechos y polvo que esta presentes o resulta de la manufactura del poliducto, en el cual el operario tendrá la responsabilidad de la

limpieza en su lugar de trabajo como lo es en el área de recepción de materia prima, cuando se realiza la separación de plástico de baja densidad, los residuos o plásticos de alta densidad deben ser suprimidos además el proceso de trituración genera material procesado o defectuoso que deben ser colocados metódicamente en recipientes o tulas de plástico para ser transportados a la siguiente etapa como resultado cierto porcentaje son esparcidos accidentalmente, por ende se debe realizar la limpieza cada hora o por cada tula (saco) de procesado para finalizar la jornada se realiza un aseo más detallado para ello se debe de aportar una escoba en cada subproceso antes nombrados.

**Tabla 13-4:** Desechos generados en el área de producción de poliductos

SUBPROCESO	RESIDUO	REMOCIÓN	ILUSTRACIÓN
<b>Recepción de materia prima</b>	Desecho de plástico de alta densidad	Los plásticos de alta densidad son desechos que se acumulan en sacos plásticos, para luego ser eliminados.	
<b>Trituración</b>	Segmentos de producto defectuoso (material a reproceso)	Estos productos defectuosos son triturados y almacenados en tachos o tulas para ser reprocesados.	

Realizado por: Díaz Juan, 2022

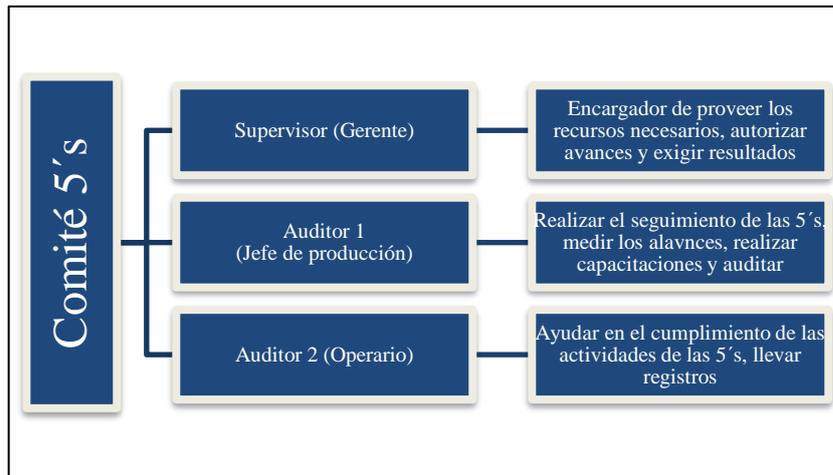
Para completar con la filosofía *Seiso*, se ha elaborado un manual de limpieza especificados en el **Anexo F**, donde permitirá orientar a los operarios en la realización con eficiencia en las actividades de limpieza en las instalaciones (puestos de trabajo) para el control tanto de desechos de plástico de alta densidad en pasillos y la inspección de segmentos de rollos defectuosos que también impiden la circulación a los trabajadores, donde se especificará el tiempo, los elementos a usar y el debido procedimiento a seguir.

#### **4.1.4 Fase 4: Aplicación Seiketsu (Estandarización)**

En la siguiente filosofía *SEIKETSU*, traducida como estandarización, es la fase de control y cumplimiento de las anteriores filosofías; *seiri*, *seiton* y *seiso*, porque si no se fomenta un proceso de mejora estandarizado se tiende a retroceder hacia la situación inicial por ende es importante la colaboración de la empresa tanto gerencial, administrativo y operacional.

##### **4.1.4.1 Asignación de responsabilidades**

Se establece un comité de 5'S, cuyo cargo es en tener el seguimiento y cumplimiento de la metodología de orden y limpieza, constará de 3 integrantes quiénes se identifican como: gerente de la fábrica, el ingeniero/jefe de producción y el operario con más experiencia de la línea de manufactura de Proceflex.



**Ilustración 4-4:** Comité 5'S

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Todos los empleados de la empresa tendrán interiorizados en trabajar conjuntamente porque esta metodología dependerá vitalmente de ellos reflejando un sistema de limpieza, orden y formación cultural, cumpliendo la meta de generar un hábito al tener un entorno adecuado para los operarios.

#### 4.1.4.2 Capacitación en mantener las 3S

Para mantener las 3 primeras "S", se realizó una capacitación como se muestra en la ilustración 5-4 sobre el bienestar laboral al personal del área de producción y en cómo mantenerlas, para obtener los beneficios del orden y limpieza que promueve la metodología 5'S, también se abordaron tópicos importantes sobre el mantenimiento preventivo de los equipos y consejos de seguridad en sus puestos de trabajo.

Mediante la capacitación realizada los operarios entendieron la importancia de cada fase de la metodología 5'S y saber lo cuan importante es aplicarla en sus puestos de trabajo, resolviendo sus dudas e inquietudes sobre las herramientas *lean* aplicadas en Proceflex y entendiendo el beneficio que ofrece para ellos.





**Ilustración 5-4:** Capacitación a trabajadores

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### **4.1.5 Fase 5: Aplicación Shitsuke (Seguimiento)**

Para finalizar con la implementación de la metodología 5´S abordamos con *SHITSUKE* que trata sobre la disciplina de los trabajadores, la cual no reside en crear o desarrollar nuevos procedimientos sino en conservar con las anteriores (*seiri, seiton, seiso y seiketsu*), a través de normativa rígida en mantener y estándares planteados.

Con soporte de la auditoría 5´S, cuya herramienta es central en esta metodología para el correcto estudio de *Shitsuke* reside en un análisis asiduo que se recomienda ser semanal o mensual para valorar el acatamiento mediante un *check-list* que ayudará en obtener el porcentaje de implementación, cuyos resultados instituirán las acciones correctivas con el propósito de apoyar la filosofía 5´S. La implementación empieza con auditorías semanales, pero dependiendo del nivel de responsabilidad que se logre en el tiempo.

##### **4.1.5.1 Aplicación de auditoria**

Con la finalidad de evaluar la optimización alcanzada, se realiza una auditoria inicial de cómo se encuentra la empresa en el área de manufactura antes de la implementación como se detalla en el capítulo 3. Cuando se realiza la implementación de la metodología propuesta se procede a desarrollar la auditoria final, los resultados se visualizan a continuación

Tabla 14-4: Auditoria actual Proceflex

		AUDITORIA ACTUAL 5'S			
		AUDITOR: JUAN DÍAZ CASTILLO			
		ÁREA AUDITADA: ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Principios 5'S	CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
	0 = Muy deficiente	1=Deficiente	2=Regular	3=Bueno	4 = Muy Bueno
	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS DE MEJORA		
Seiri - Seleccionar "Mantener solo lo necesario"	¿Existen objetos no necesarios que causan molestia en el puesto de trabajo?	4	Revisar los espacios por donde fluye la materia prima		
	¿Existe material primario, semiprocesado o residuos innecesarios en el puesto de trabajo?	5	Situar la materia prima o derivados en lugares propicios		
	¿Se encuentran los objetos de uso frecuente, ordenados en su lugar y adecuadamente identificados en cada puesto de trabajo?	4	Destinar un espacio para situar los objetos de uso frecuente		
	¿Están todos los artículos de limpieza: escobas, guantes, trapos, productos en su ubicación e identificados?	5	Situar los componentes de limpieza, para que no afecte negativamente a las actividades de producción.		
	¿Hay estanterías, mesas y armarios con residuos plásticos u objetos innecesarios?	4	Categorizar los objetos y/o herramientas en lugares destinados con ese fin.		
	SUBTOTAL		22		
	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS DE MEJORA		
Seiton - Organizar "Un lugar"	¿Existen materiales y/o equipos que no tienen un lugar asignado?	4	Asignar un lugar adecuado para estos elementos		

	¿Se distinguen y detectan los derivados de la materia prima cuando pasan al siguiente proceso?	5	Clasificar el producto procesado y residuos en espacios específicos
	¿Existen señalética u otros marcadores para identificar pasillos, puestos de trabajo, etc.?	5	Identificar el puesto de trabajo mediante señalética
	¿Existen obstáculos cerca del elemento de extinción de incendios más cercano?	4	Eliminar los obstáculos en los puestos de trabajo
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>18</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS DE MEJORA</b>
Seiso - Limpiar "Un área de trabajo impecable"	¿En el suelo o alrededores del puesto de trabajo existen polvo, virutas de plástico, plástico reciclado y/u otros residuos?	4	Divulgar o sensibilizar sobre la limpieza
	¿Hay existencia de polvo, gotas de aceite en las máquinas o equipos sucios por derivados de plástico?	4	Ejecutar inspecciones habituales sobre limpieza
	¿Existen planes de limpieza que sea planificado por la dirección del área?	5	Desarrollar un plan de limpieza
	¿Existen algún grupo de trabajo, o persona responsable de la supervisión de la limpieza?	5	Implementar el organigrama para 5'S
	¿Se barre y limpia el suelo y puestos de trabajo generalmente sin ser dicho?	5	Desarrollar un plan de limpieza
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>23</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS DE MEJORA</b>
Seiketsu - Estandarizar "Todo siempre igual"	¿Los operarios conocen y efectúan las actividades de forma apropiada?	4	Capacitar al personal sobre procedimientos seguros y estandarizados
	¿La ropa que usa el personal es incorrecta o esta sucia?	4	Capacitar al personal sobre el uso correcto de su vestimenta
	¿Hay zonas destinadas para el descanso y comida?	4	Generar zonas de descanso para los operarios

	¿Se aplican las primeras 3'S?	5	Implementar
	¿Existen procedimientos escritos estandarizados y se utilizan firmemente?	4	Originar procedimientos estandarizados
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>21</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS DE MEJORA</b>
Seitsuke - Seguimiento " Seguir las reglas y ser consistente"	¿Se ejecuta un control de limpieza?	5	Realizar auditorias
	¿Se realizan los informes de auditoría correctamente cada determinado tiempo?	4	Realizar informes
	¿Se pone en práctica las primeras 4'S?	4	Implementar
	¿El personal sabe las 5'S, fue instruido por ello?	5	Capacitar al personal
	¿Se opta la cultura de las 5'S, se practica constantemente los principios seleccionar, organizar y limpiar?	4	Sensibilizar a los operadores
	¿Los empleados usan el uniforme reglamentario como también equipo de protección cuando realizan sus actividades en el proceso productivo?	4	Utilizar equipos de protección personal (EPP)
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>26</b>	

<b>PUNTOS POSIBLES (PP)</b>	125
<b>PUNTOS OBTENIDOS (PO)</b>	110
<b>PUNTAJE (PO/PP)X100</b>	88%

**Fuente:** (Proceflex, 2022)

**Realizado por:** Dfáz Juan, 202

Consiguiendo como puntos obtenidos un total de 110 de 125 lo cual es significativamente con los datos de la situación inicial auditada incrementando un puntaje de cumplimiento del 88 % lo que revela que la empresa tiene un progreso del acatamiento sobre la metodología 5´S en el área de producción del poliducto.

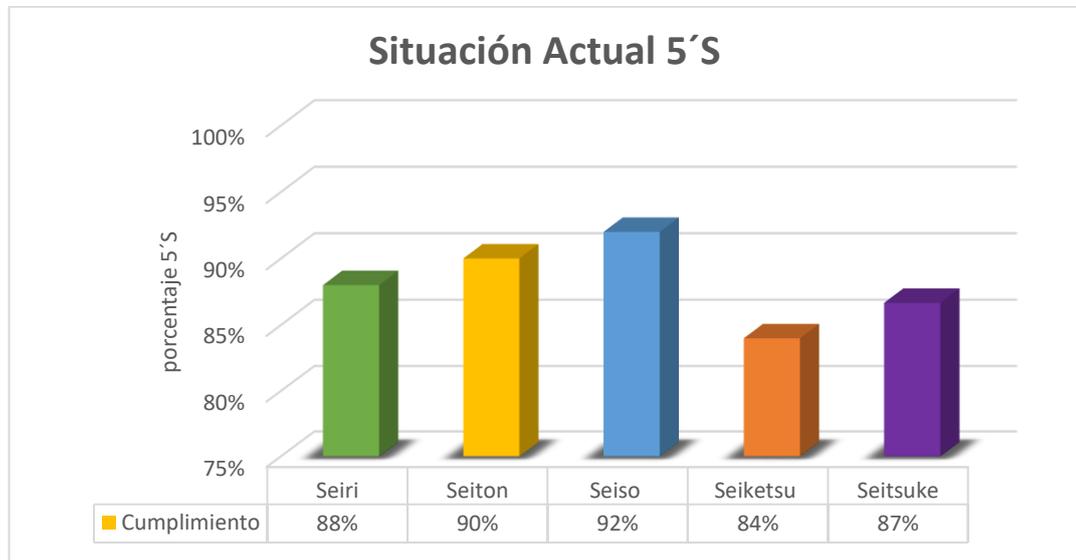
Con ayuda de la información cuantificada en la auditoria inicial 5´S en la empresa Proceflex se procede a calcular el porcentaje de cada “S” en la siguiente tabla 15-4 y la ilustración 6-4, donde mediante barras tendremos un mejor entendimiento sobre la situación actual.

**Tabla 15-4:** Porcentaje de cada “S” actual.

5´S	Calificación	Calificación óptima	Cumplimiento
Seiri	11	25	88%
Seiton	10	20	90%
Seiso	13	25	92%
Seiketsu	8	25	84%
Seitsuke	11	30	87%
<b>TOTAL</b>			<b>88%</b>

**Fuente:** (Proceflex, 2022)

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022



**Ilustración 6-4:** Situación actual 5S en Proceflex

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

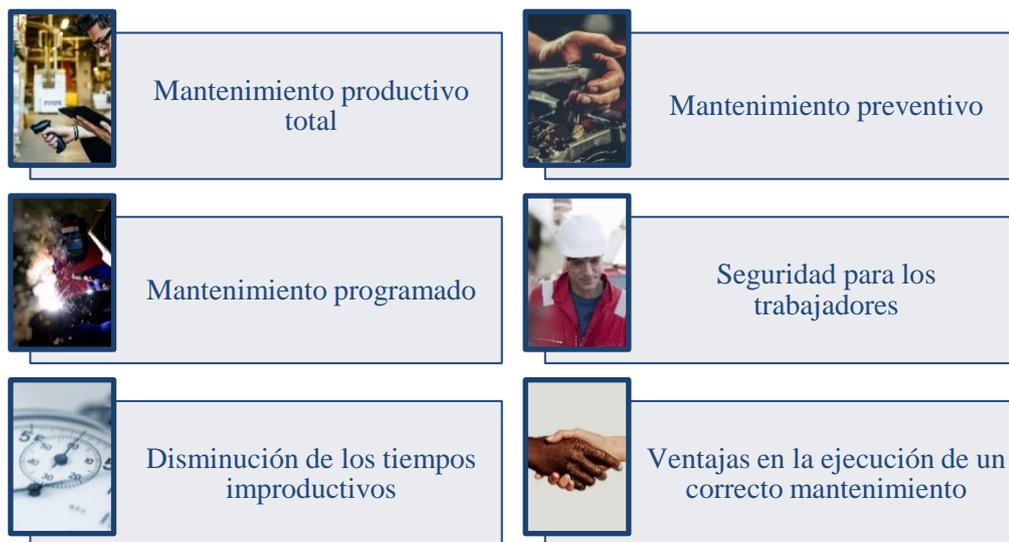
#### 4.1.5.2 Estrategias para implementar shitsuke

No es fácil la implementación de *shitsuke*, por diversos factores culturales o de voluntad ya que se demanda de muchos esfuerzos y procedimiento metódicos a seguir como es la motivación, las

políticas de calidad, auditorías semanales o mensuales y manuales con procedimientos claramente específicos y sencillos.

#### 4.2 Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Con el objetivo de aplicar el plan de mantenimiento productivo total en el área manufacturera de poliductos de la empresa Proceflex, es fundamental empezar con la capacitación al personal involucrado en las actividades de mantenimiento, siendo una de las bases iniciales explicadas en la siguiente ilustración 7-4 se abordarán para la implementación del mismo.



**Ilustración 7-4:** Planificación de puntos sobre la capacitación de TPM

Realizado por: Díaz Juan, 2022

De acuerdo con la tabla 33-3, identificamos el nivel de OEE resultando un 32.83%, por ende, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo no solo para la extrusora MP-E1, sino para las máquinas y equipos que se utilizan en la manufactura del poliducto incrementará considerablemente este índice como ello mejora la productividad evitando paros no planeados, disminuirá la tasa de defectos y además la maquinaria no presentará averías o desgaste forzado.

##### 4.2.1 Codificación de máquinas

Primero se debe identificar los equipos críticos o con mayores horas de funcionamiento en la empresa Proceflex, lo cual en la siguiente tabla se visualiza el equipo, con su respectiva codificación, donde figura de referencia y actividad esencial en el área de producción.

**Tabla 16-4:** Codificación de maquinaria en Proceflex

Equipos de Proceflex		
Código	Máquina/Equipo	Función
Aglutinadora MP-A1		La aglutinadora se encarga de arrastrar el plástico ingresado generando calor para así incrementar su viscosidad mediante la mezcla de agua formando gránulos de plásticos.
Banda de conteo MP-BCI		La banda de conteo permite contabilizar los metros de poliductos que sale de las tinajas de enfriamiento para después ser tensadas.
Mezcladora MP-M1		La mezcladora es aquella que combina los elementos al mismo tiempo aumenta su temperatura para facilitar la extrusión de engrudo plástico.
Trituradora MP-MT		La trituradora muele los segmentos de poliductos con desperfectos para ser reprocesados en la extrusora.
Compresor MP-C		El compresor se utiliza para compactar las paredes internas del poliducto uniformemente mediante aire a presión.
Extrusora MP-E1		La extrusora tiene como función en moldear materias primas como el plástico en un producto fundido por medio de moldes deseados.

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### Reglamento de implementación TPM

- **Criterio (A):** Tener los puestos de trabajo limpios y organizado apoyado de la metodología 5'S, es decir, sin la presencia de mermas o desperdicios plásticos, mantener un orden los elementos a usar en la ejecución de actividades, aprovechando el tiempo en inspeccionar máquinas o equipos en funcionamiento evitando irregularidades en el área de producción.
- **Criterio (B):** Suprimir orígenes de suciedad en pasillos angostos o lugares que son dificultosos de acceder mediante el empleo de las preguntas a continuación:  
¿Por qué se ha detenido el proceso?

- ¿Por qué se ha producido un sobrecalentamiento?
- ¿El equipo presenta fallas o está defectuoso?
- ¿Por qué está averiado?
- ¿Los productos defectuosos son causados por averías del equipo?

- **Criterio (C):** Adiestramiento y continuo aprendizaje del cómo se inspeccionan las máquinas a través de los planes de actividades a disposición para los trabajadores, así todo el personal esté cualificado en la realización de estas tareas de mantenimiento preventivo.
- **Criterio (D):** Sensibilizar al personal inmerso del proceso productivo en la ejecución de las actividades puntualizadas en los planes de mantenimiento de manera independiente, en responsabilidad con las instrumentales usados y exponiendo mejoras u opciones procedentes de su práctica diaria.
- **Criterio (E):** La labor diaria del área de producción, siempre estará presente de paros inesperados, averías o inconvenientes potenciales con el objetivo de impedirlos, por ende, se debe conocer los ciclos de vida útil de equipos y maquinarias como también piezas indispensables que las conforman.

#### 4.2.2 *Mantenimiento preventivo de Aglutinadora MP-A1*

Las actividades detalladas que conforman el mantenimiento preventivo de la aglutinadora MP-A1 se describen el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento se describe a continuación:

**Tabla 17-4:** Actividades de mantenimiento (Aglutinadora)

ACTIVIDADES PARA REALIZAR	
	Cambio del rotor y copamientos del eje
	Revisión y cambio del terminal de conexiones
	Limpieza exterior, comprobar vibraciones y calentamientos anormales
	Pintar / acondicionar
	Revisión y limpieza de la conexión de cables
	Cambio de chumaceras
	Revisión y limpieza de gránulos aglutinados en compuertas
	Revisión y limpieza de gránulos aglutinados en cuchillas
	Cambio de cuchillas
	Calibrar y rectificar las caras planas de las cuchillas (no rebanar)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 18-4:** Plan de mantenimiento (Aglutinadora)

FÁBRICA Proceflex		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																																									
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																									
		MÁQUINA AGLUTINADORA																																																									
ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE															
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**4.2.3 Mantenimiento preventivo de Banda de conteo MP-BC1**

Las actividades en detalle que conforman el mantenimiento preventivo de la banda de conteo MP-BC1 se describen en el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento se describe a continuación:

**Tabla 19-4:** Actividades de mantenimiento (Banda de conteo)

ACTIVIDADES A REALIZAR	
	Acondicionar y pintar la estructura metálica
	Limpeza exterior, verificar vibraciones y calentamiento anormal del motor
	Limpeza general de polvo e impurezas de plástico, comprobar el estado de conexiones y la eliminación de humedad, grasa o aceites.
	Limpeza y eliminación de plástico termoformado en la superficie
	Ajuste y reglaje de bandas transportadoras
	Limpeza interna y externa de contadora con hidratación de piezas móviles (resorte)
	Limpeza con cepillo de acero contra residuos plásticos
	Inspección y ajuste del tensado de la banda
	Revisión del encaje y engrasar
	Revisión la existencia de la corrosión roturas de los eslabones de la cadena
	Tensar, limpiar y engrasar el sistema de transmisión

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 20-4:** Plan de mantenimiento (Banda de conteo)

FÁBRICA Proceflex		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																																					
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																					
		MÁQUINA BANDA DE CONTEO																																																					
ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE											
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.2.4 *Mantenimiento preventivo de Mezcladora MP-MI*

Las actividades en detalle que conforman el mantenimiento preventivo de la mezcladora MP-M1 se describen en el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento se muestra a continuación:

**Tabla 21-4:** Actividades de mantenimiento (Mezcladora)

ACTIVIDADES PARA REALIZAR	
	Cambio del rotor y copamientos del eje
	Revisión y cambio del terminal de conexiones
	Limpieza exterior, comprobar vibraciones y calentamientos anormales
	Pintar / acondicionar
	Revisión y limpieza de la conexión de cables
	Cambio de chumaceras
	Revisión y limpieza de gránulos aglutinados en compuertas
	Revisión y limpieza de gránulos aglutinados en cuchillas
	Cambio de cuchillas
	Calibrar y rectificar las caras planas de las cuchillas (no rebanar)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 22-4:** Plan de mantenimiento (Mezcladora)

FÁBRICA		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																					
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																					
Proceflex		MÁQUINA MEZCLADORA																																					
ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE																	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.2.5 *Mantenimiento preventivo de Trituradora MP-MT*

Las actividades detalladas que conforman el mantenimiento preventivo de la trituradora MP-MT se describen en el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento se describe a continuación:

**Tabla 23-4:** Actividades de mantenimiento (Trituradora)

ACTIVIDADES A REALIZAR	
	Pintar y acondicionar la estructura metálica
	Revisión de tornillería y anclaje
	Inspección de desgaste
	Revisión de juntas de soldadura y corrosión
	Revisión y limpieza del protector
	Inspeccionar los niveles óptimos de lubricante
	Ajustar la tensión de la banda

	Adecuar el alineamiento de poleas
	Examinar la correa
	Cambio de correa
	Revisión de rodamientos
	Rectificar las caras planas de cuchillas (no rebanar)
	Calibración de cuchillas
	Limpieza interna de la carcasa de trituración
	Cambio de criba
	Ajuste de tornillería por vibraciones
	Limpieza exterior, comprobación de vibraciones y calentamiento anormal interno
	Inspección y limpieza de residuos plásticos

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Tabla 24-4: Plan de mantenimiento (Trituradora)

FÁBRICA Procerflex		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																																											
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																											
		MÁQUINA TRITURADORA																																																											
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.2.6 Mantenimiento preventivo de Compresor MP-C

Las actividades de manera minuciosa que conforman el mantenimiento preventivo del compresor MP-C se describen en el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento se describe a continuación:

Tabla 25-4: Actividades de mantenimiento (Compresor)

ACTIVIDADES A REALIZAR	
■	Revisión de tornillería en el cuerpo del compresor
■	Aliviar la presión del sistema para eliminar la humedad generada
■	Cambio de aceite
■	Verificar el nivel del aceite
■	Cambio de correa de transmisión
■	Ajuste de correa y alineación de poleas
■	Limpiar los filtros de compresión
■	Cambio de filtros
■	Limpieza y revisión de válvulas
■	Sustitución de válvulas
■	Limpieza exterior y comprobar vibraciones o calentamientos anormales
■	Inspección de las redes de conexión de cables del sistema de encendido

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 26-4:** Plan de mantenimiento (Compresor)

FÁBRICA Proceflex		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																									
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																									
MÁQUINA COMPRESOR																																											
ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE										
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**4.2.7 Mantenimiento preventivo de la Extrusora MP-E1**

Las actividades en detalle que conforman el mantenimiento preventivo de la extrusora MP-E1 se describen en el **Anexo G**, pero el cronograma del plan de mantenimiento de indica a continuación:

**Tabla 27-4:** Actividades de mantenimiento (Extrusora)

ACTIVIDADES A REALIZAR	
■	Revisión del amperaje
■	Revisión de la temperatura del motor
■	Revisión interna y limpieza del motor
■	Inspección de vibraciones y ruidos anormales del motor
■	Revisión y alineación del sistema de cadenas de la caja reductora
■	Limpieza y ajuste de tornillería
■	Limpieza y corrección de óxido
■	Inspección de fugas de agua en las tinas de enfriamiento
■	Desarmar y limpiar la caja reductora
■	Cambio de empaques y retenedores
■	Cambio de rodamientos
■	Detectar ruidos anormales de la caja reductora
■	Controlar el nivel y fugas del lubricante
■	Cambio del lubricante y limpieza interna
■	Alineación del sistema de transmisión
■	Medición de distancia correcta y limpieza del cañón
■	Revisión interna de residuos plásticos
■	Control de niveles de temperatura
■	Rectificación interna del cañón
■	Pulir irregularidades del cañón con pasta especial
■	Valoración del criterio del plato rompedor/filtro
■	Medir e inspección de estado del husillo
■	Limpieza general sobre impurezas del husillo
■	Rectificar imperfecciones del husillo
■	Pulir con pasta especial del husillo
■	Valoración y criterio de cambio del husillo
■	Revisión y limpieza interna del husillo
■	Controlar la temperatura y estado del husillo
■	Limpieza externa del husillo

•	Engrase del acople (husillo)
•	Limpieza del embobinado/tensado
•	Lubricar chumaceras del tensor
•	Lubricar rodamientos del embobinador
•	Revisión y ajuste de velocidad del tensor

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 28-4:** Plan de mantenimiento (Extrusora)

FÁBRICA Proceflex		FÁBRICA DE POLIDUCTOS "PROCEFLEX"																																																			
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
		MÁQUINA EXTRUSORA																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.2.7.1 Normas importantes de seguridad para la extrusora

Siendo el sector de extrusión un punto crítico de implementación y presenta una falta de manuales de mantenimiento y operación es indispensable seguir el consecutivo programa con lineamientos concretos y sencillos guiando e incrementando la seguridad del personal de la empresa Proceflex.

- Cuando se encuentra en las actividades de extrusión, el operario no usará ningún accesorio fuera de los EPP como anillos o cadenas, tampoco se permitirá el uso de ropa suelta y si el trabajador tiene el cabello largo debe tenerlo atado.
- La extrusora debe ser utilizada por un operario.
- Si el operario no tiene conocimientos técnicos, no debe intentar arreglar la maquina extrusora cuando presente una avería.
- Utilizar guantes al momento de manipular los dados de extrusión, porque estos artículos manejan a altas temperaturas sin ninguna aislación.
- Mantener cerca el equipo de primeros auxilios y extintor contra incendios específicamente para igniciones de origen eléctrico.
- Mantener el conjunto de cables en buen estado, excluyendo los contactos de canales eléctricos y comprobar las uniones a tierra.
- Utilizar calzado contra choques eléctricos (electricidad estática) producidos por el plástico.
- Revisar el voltaje de la máquina extrusora.
- No manipular conexiones eléctricas que se encuentran alimentando energía de potencia.
- Al desmontar la caja reductora o el motor, se debe desconectar las conexiones de alimentación de electricidad.

- No se debe alterar o abrir el sistema de control / encendido del equipo
- Cuando se termina el turno laboral, se debe limpiar el plato rompedor de la extrusora en conjunto del cañón y los dados utilizados.
- No colocar las manos cerca de la tolva, cadenas de la caja reductora, las resistencias, engranajes, boquilla de extrusión o sistema de extrusión debido a las altas temperaturas al momento de estar en funcionamiento.
- El equipo no debe estar en contacto con agua o líquidos conductores, ya que pueden originar incendios.
- Al momento de encender el motor principal se debe controlar la temperatura interna de la extrusora porque si la máquina arranca sin un anticipado calentamiento romperá o deformará el husillo provocando daños internos en el cañón.

#### *4.2.7.2 Limpieza general del sistema de extrusión*

El intervalo de limpieza de la extrusora se debe ejecutar dependiendo de las condiciones en que se encuentra sometido, es decir, cuando la demanda sube en época de invierno se utilizará en más tiempo con turnos extras e inclusive laborando los fines de semana.

El plan de mantenimiento preventivo tiene actividades de limpieza en las partes del equipo extrusor pero este procedimiento tiene errores típicos que pueden comprometer el funcionamiento del equipo y la seguridad del operario, por ende, es explicado en el **Anexo H** con las debidas precauciones.

#### *4.2.8 Formato de hoja de vida de la maquinaria*

El formato de hoja de vida será debidamente descrito con la información del trabajo de mantenimiento realizado en el área de producción de poliductos, para así generar un cimiento de antecedentes acerca de lo realizado, por ende, se obtiene índices sobre la práctica del mantenimiento, originando estudios de parámetros que surja a la mejora continua de Proceflex.

**Tabla 29-4:** Formato sobre mantenimientos realizados

		<b>HOJA DE VIDA</b>				Página
						1
		DATOS DE LA MAQUINARIA				Código de equipo
Nombre de la máquina:						
Nombre del operario:						
Área:			Marca :		Modelo :	
Existencia de manual/catálogo		SI		NO	Serie :	
<b>HISTORIAL DE MANTENIMIENTO</b>						
FECHA	Trabajo realizado		Realizó		Tiempo	Costo

Realizado por: Díaz Juan, 2022

### 4.3 Diagrama de procesos actual

Para el desarrollo del diagrama de procesos en la fábrica Proceflex se tomó como punto de partida el procesamiento desde la recepción de la materia prima, la cual es plástico reciclado con un peso de una tula que tiene un rango de 50-51 kg que pasará por las actividades de manufactura como son operaciones, transportes, esperas, almacenaje y operaciones combinadas hasta llegar al almacenamiento de producto terminado con el proceso actual.

**Tabla 30-4:** Diagrama de procesos mejorado

DIAGRAMA DEL PROCESOS									
EMPRESA:	PROCEFLEX		DIAGRAMA N°	1					
MÉTODO ACTUAL:	X		DEPARTAMENTO:	Área de producción					
MÉTODO PROPUESTO:			SUJETO :	Poliducto					
D.EMPIEZA :	Almacenamiento de materia prima		REALIZADO POR:	Juan Díaz					
D. TERMINA:	Alamacén de prodcto terminado		HOJA N° 1 DE 1						
N° DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	#	SÍMBOLOS				DISTANCIA (m)	TIEMPO OBSERVADO (S)	
1	Transportar el plástico reciclado al área de inspección	1						6.3	103.13
2	Clasificar al plástico por su densidad e impurezas	1							885.67
3	Rasgar el plástico selecto	2							773.20
4	Depositar el plástico rasgado en las tulas	3							648.33
5	Sujetar las tulas con sunchas	4							128.67
6	Pesar las tulas	5							45.40
7	Trasportar el plástico limpio y sucio al área de plástico aglutinado	2						16.8	79.00
8	Separar el plástico limpio del sucio	6							13.67
9	Desatar la tula	7							97.20
10	Incorporar el plástico dentro del tambor de la aglutinadora	8							704.20
11	Mezclar la masa plástica con agua	9							459.73
12	Esperar el efecto aglutinado	1							105.93
13	Retirar el plástico aglutinado del tambor	10							19.40
14	Trasladar los gránulos sucios al tanque de sedimentación	3						14.7	20.53
15	Depositar el plástico granulado en el tanque	11							32.07
16	Revolver el plástico granulado	12							35.40
17	Esperar que la impurezas se hundan y el plástico flote	2							406.60
18	Retirar el plástico limpio de la superficie	13							154.93
19	Esperar la filtración del agua con el plástico	3							397.33
20	Trasladar a la mezcladora	4						14.7	56.00
21	Depositar los elementos aglutinados en el tambor de la mezcladora	14							112.07
22	Esperar que le mezcla llegue a la temperatura deseada	4							244.47
23	Retirar la mezcla aglutinada	15							30.13

24	Transportar a la extrusora	5						23.8	31.00
25	Depositar el saco en la tolva de alimentación	16							5.47
26	Inspeccionar el flujo de extrusión (defectos) y controlar los metros del poliducto	1							1625.07
27	Transportar al área de trituración	6						2.85	5.60
28	Descargar el poliducto defectuoso	17							4.00
29	Cortar los segmentos defectuosos	18							348.33
30	Descargar los trozos a la tolva de la trituradora	19							9.67
31	Esperar la trituración	5							168.67
32	Transportar el pulverizado al área de aglutinado para ser reusado	7						5.6	10.73
33	Tensar el poliducto	20							275.87
34	Reiniciar la contadora	21							52.93
35	Ajustar con piola nailón los rollos terminados	22							136.07
36	Transportar al área de almacenaje de producto termoformado	8						5.5	24.07
37	Sunchar los rollos del poliducto	23							219.20
38	Pesar el rollo de poliducto	24							29.73
39	Rotular el inicio y final del rollo	25							35.27
40	Inspección de producto terminado	1							15.6
41	Almacenar el producto terminado	1							

Realizado por: Díaz Juan, 2022

**Tabla 31-4:** Formato sobre mantenimientos realizados

ELEMENTOS	Símbolo	Nº	Tiempo (min)	Distancia (m)
OPERACIÓN		25	87.61	
ALMACENAJE		1		
DEMORA		5	22.05	
TRANSPORTE		8	5.50	90.25
OP. COMBINAD.		2	27.34	
<b>TOTAL</b>		41	142.51	90.25

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Se puede evidenciar que el tiempo total en la transformación de 51 kg de materia prima en rollos de poliducto con diámetro de ½ con calidad sencillo es de 142,51 minutos equivalente a 2.38 horas de trabajo en culminar desde la recepción de plástico reciclado hasta el almacenamiento de

poliducto para su distribución, concluyendo con la reducción de 36.85 minutos en todo el proceso productivo actual con la situación inicial de la fábrica Proceflex.

#### 4.4 Estandarización del proceso con implementación lean

Cuando se es aplicado herramientas *lean* como VSM para eliminar tiempos que no agregan valor, metodología 5S para mejorar el orden y limpieza en la línea de producción y la técnica TPM aplicando mantenimientos preventivos a los equipos de la industria es indispensable realizar la estandarización del proceso para verificar la variación que existe del estado inicial con el actual.

##### 4.4.1 Cálculo de tiempos observados actuales

Como se realizó el registro de tiempos observados en la situación inicial, el cálculo de tiempos observados actuales se lo realizó respetando los mismos parámetros para tomar las 15 muestras de tiempos totales de cada actividad en el área de Proceflex desde la recepción de materia prima hasta llegar al almacenamiento de producto terminado, explicando la tabla 32-4 tomando como ejemplo a la primera estación.

**Tabla 32-4:** Cálculo de tiempo promedio actual en la recepción de materia prima

FÁBRICA Proceflex		Registro de observaciones														Operario:
		Investigador:	Juan Díaz										Hora inicio:	7:00 a. m.		
		Fecha:	7/7/2022										Hora fin:	15:00 p. m.		Masculino
Elemento	Observaciones															Promedio (seg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A1	103	102	105	106	101	106	104	103	100	103	104	100	103	101	106	103.13
A2	878	876	891	884	880	882	887	885	898	894	880	888	870	893	899	885.67
A3	770	771	788	799	760	753	773	778	773	758	789	772	757	777	780	773.20
A4	627	605	654	655	686	656	632	692	687	606	663	678	631	600	653	648.33
A5	130	148	120	161	140	143	121	112	122	120	109	152	106	117	129	128.67
A6	49	42	52	39	52	37	39	48	53	38	39	43	53	45	52	45.40
<b>TOTAL</b>																2584.40

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Los demás datos de tiempos observados actuales de cada estación se encuentran en el **Anexo I**.

##### 4.4.1.1 Promedio de tiempos observados actuales

En resumen, se observa en la tabla 33-4, el tiempo registrado en cada una de las actividades desde A1 hasta H5 desarrolladas en el área de manufactura de Proceflex, explicando el peso en kilogramos que se manufactura después de ser implementado las herramientas lean.

**Tabla 33-4:** Cuadro resumen de tiempos observados actuales

SUBPROCESO	TIEMPO OBSERVADO (seg)	TIEMPO OBSERVADO (min)
Elemento A	2584,40	43,07
Elemento B	1479,13	24,65
Elemento C	1046,87	17,45
Elemento D	442,67	7,38
Elemento E	1661,53	27,69
Elemento F	536,27	8,94
Elemento G	475,60	7,93
Elemento H	323,87	5,40
<b>TOTAL</b>	<b>8550,3</b>	<b>142,51</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### **4.4.2 Valoración del ritmo de trabajo actual**

Para el cálculo del tiempo estándar es primordial la valoración del ritmo de trabajo, por ser una variable constante para relacionar el tiempo estándar más a la realidad en el proceso de poliductos se optará en mantener los valores iniciales ejerciendo por ser valores de ritmo de trabajo actuales. Se utilizará los datos de la tabla 13-3 para la valoración del ritmo de trabajo actual.

#### **4.4.3 Suplementos de trabajo actuales**

En el cálculo del tiempo estándar es de suma importancia los suplementos u holguras de trabajo, por ser una variable constante para aproximar el tiempo estándar más a la realidad en el proceso de poliductos se optará en mantener los valores iniciales ejerciendo por ser suplementos de trabajo actuales. Se utilizará los datos de la tabla 15-3 para los suplementos de trabajo actuales.

#### **4.4.4 Tiempo estándar propuesto**

Cuando ya se determinó el promedio de tiempo observado, la valoración del ritmo de trabajo y los respectivos suplementos de cada puesto de trabajo el próximo cálculo es el tiempo estándar como se indica en la siguiente fórmula (11) siendo descrito como el tiempo que un trabajador emplea en sus actividades laborales.

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s) \quad (11)$$

Donde:

Ts = tiempo estándar

To = tiempo observado

Fv = factor de valoración

S = suplemento.

4.4.4.1 *Determinación del tiempo estándar en la recepción de materia prima*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 43.07 * 1.03 * (1 + 0.18)$$

$$Ts = 52.35 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 15 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.2 *Determinación del tiempo estándar en el aglutinado*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 24.65 * 1.03 * (1 + 0.20)$$

$$Ts = 30.47 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 8.71 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.3 *Determinación del tiempo estándar en el lavado*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 17.45 * 0.97 * (1 + 0.14)$$

$$Ts = 19.3 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 5.52 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.4 *Determinación del tiempo estándar en el mezclado*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 7.38 * 0.94 * (1 + 0.21)$$

$$Ts = 8.4 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 2.4 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.5 *Determinación del tiempo estándar en la extrusión*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 27.69 * 1.05 * (1 + 0.18)$$

$$Ts = 34.31 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 9.81 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.6 *Determinación del tiempo estándar en el reproceso / trituración*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 8.94 * 1.02 * (1 + 0.22)$$

$$Ts = 11.12 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 3.18 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.7 *Determinación del tiempo estándar en el tensado*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 7.93 * 1.05 * (1 + 0.22)$$

$$Ts = 10.16 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 2.9 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

4.4.4.8 *Determinación del tiempo estándar en el almacenaje de rollos*

$$Ts = To \times Fv \times (1 + s)$$

$$Ts = 5.40 * 1.04 * (1 + 0.20)$$

$$T_s = 6.74 \frac{\text{min}}{\text{tula}} * \frac{1 \text{ tula}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{\text{unidad}} = 1.93 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

#### 4.4.4.9 Resumen del tiempo estándar de la línea de producción

Para determinar el tiempo estándar en la fabricación de poliducto estándar de ½ pulgada, el cual es el más vendido se procederá en sumar los tiempos estándares calculado de los ocho subprocesos, en la tabla 34-4 se plasma un resumen del tiempo estándar en minutos por unidad.

**Tabla 34-4:** Resumen del tiempo estándar (situación actual)

Estación	Tiempo estándar (min/unidad)
Recepción Mp	15
Aglutinado	8.71
Lavado	5.52
Mezclado	2.4
Extrusión	9.81
Reproceso	3.18
Tensado	2.9
Almacenamiento	1.93
<b>TOTAL</b>	<b>49.45</b>

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 8-4:** Tiempo estándar total actual

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Como se visualiza en el tiempo estándar de cada estación de trabajo en la manufactura del poliducto, todas tienen una reducción de tiempos en actividades que no agregan valor al producto,

especialmente el área de recepción de materia prima, reduciendo 9 minutos por unidad a la vez logrando tener una mejor eficiencia en el área de producción de Proceflex.

#### 4.4.5 Capacidad de producción estándar actual

Con la ayuda del tiempo estándar determinado en la tabla 34-4 se puede calcular la capacidad de producción que tiene la línea de fabricación del poliducto de riego de ½ pulgada con calidad sencilla. El análisis se realiza en kilogramos de producción como fue estudiado en el diagrama de procesos con un promedio de 50 kg de plástico reciclado desde la recepción de la materia prima pasando por los subprocesos de aglutinado, lavado, mezclado, extrusión, tensado, trituración y almacenado. Cada 100 metros de poliducto tiene un peso promedio de 14.3 kg cumpliendo con los parámetros de la fábrica.

La fábrica Proceflex labora con un horario diurno desde las 7:00 am hasta las 15:00 pm con una hora para el almuerzo y descanso para los operarios, por ende, se toma en cuenta la capacidad de producción para una jornada laboral de 8 horas y con la intervención de 10 operarios en las actividades de manufactura dentro del área productiva de la empresa.

##### 4.4.5.1 Jornada laboral

$$Jornada\ laboral = 8\ h * \frac{60\ min}{1\ h} = 480\ min$$

##### 4.4.5.2 Capacidad de producción estándar

$$Cp_s = \frac{1}{T_s} * jornada\ laboral \quad (12)$$

##### 4.4.5.2.1 Capacidad de producción – recepción de materia prima

$$Cp_s = \frac{480 \frac{min}{día}}{15 \frac{min}{unidad}} = 32 \frac{unidades}{día}$$

##### 4.4.5.2.2 Capacidad de producción – aglutinado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{min}{día}}{8.71 \frac{min}{unidad}} = 55 \frac{unidades}{día}$$

##### 4.4.5.2.3 Capacidad de producción – lavado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{min}{día}}{5.52 \frac{min}{unidad}} = 87 \frac{unidades}{día}$$

#### 4.4.5.2.4 Capacidad de producción – mezclado

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{2.4 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 200 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 4.4.5.2.5 Capacidad de producción – extrusión

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{9.81 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 49 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 4.4.5.2.6 Capacidad de producción – reproceso

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{3.18 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 150 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 4.4.5.2.7 Capacidad de producción – tensado

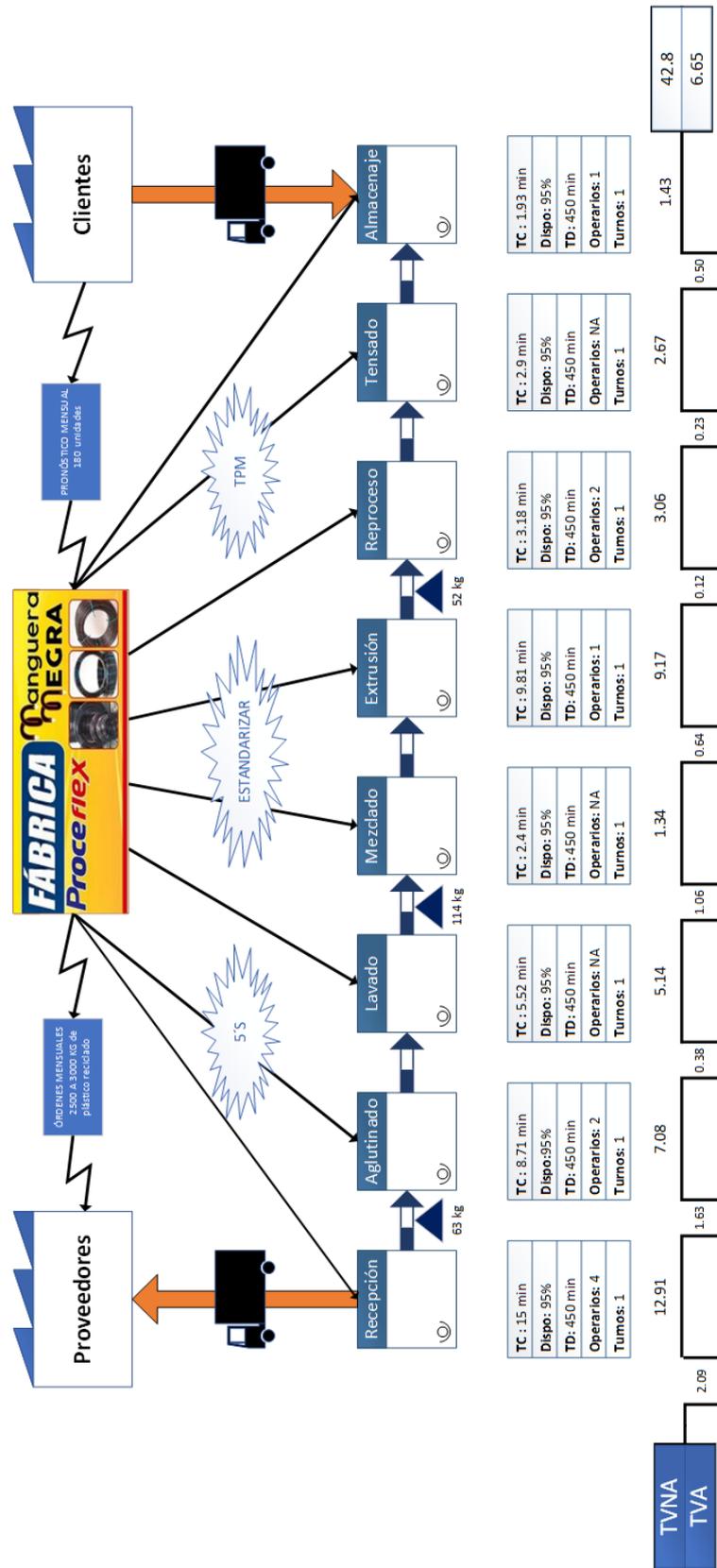
$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{2.9 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 165 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

#### 4.4.5.2.8 Capacidad de producción – almacenamiento

$$Cp_s = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{1.93 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}} = 249 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

### 4.5 Mapeo de Flujo de Valor (VSM) actual

En las instalaciones de la empresa Proceflex se identifican 8 procesos clasificados de la siguiente manera: recepción de materia prima, aglutinado, lavado de impurezas, mezclado, extrusión, reproceso, tensado y almacenaje; donde se realizan actividades que no agregan al producto terminado como son las demoras y transportes en los procesos, consecuentemente se elaboró un VSM actual (mejorado) mostrándose en la ilustración 9-4, donde podemos encontrar una reducción de 17 minutos en el índice de tiempo de valor no agregado (TVNA) por la estandarización del proceso y disciplina de los operarios consecuencia de la metodología 5'S, de igual manera una mínima eliminación de 0.39 minutos en el tiempo de valor agregado (TVA) por la eliminación de desperdicios en las rutas de los trabajadores que realizaban para el cambio de subproceso o estación.



**Ilustración 9-4:** VSM actual de Proceflex

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.6 Cálculo de producción de situación actual

Para el estudio de producción de situación actual se tendrá en cuenta los 15 tiempos observados en el proceso de estandarización resumidos en la siguiente tabla 35-4, donde se puede visualizar tiempo observado, el tiempo estándar por tula y el tiempo estándar por rollo de poliducto calculando el promedio del tiempo estándar en minutos.

**Tabla 35-4:** Registro de tiempo estándar promedio observado

Número de observaciones en la manufactura de poliducto							
N°	Actividades				Tiempo observado (min)	Tiempo estándar de 1 tula (min)	Tiempo estándar por unidad (min)
	Operación (s)	Transpote (s)	Operación combinada (s)	Esperas (s)			
1	5234	333	1640	1346	142,55	172,89	49,45
2	5035	312	1622	1323	138,20	168,54	48,20
3	5099	325	1617	1337	139,63	169,98	48,61
4	5265	344	1664	1415	144,80	175,14	50,09
5	5470	317	1645	1355	146,45	176,79	50,56
6	5474	348	1631	1358	146,85	177,19	50,68
7	5126	336	1632	1318	140,20	170,54	48,78
8	5214	350	1622	1340	142,10	172,44	49,32
9	5188	337	1630	1252	140,12	170,46	48,75
10	5172	318	1657	1358	141,75	172,09	49,22
11	5335	309	1662	1262	142,80	173,14	49,52
12	5384	301	1641	1245	142,85	173,19	49,53
13	5211	349	1665	1309	142,23	172,58	49,36
14	5320	324	1659	1358	144,35	174,69	49,96
15	5322	348	1623	1269	142,70	173,04	49,49
Tiempo estándar promedio observado						172,85	49,44

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la tabla 35-4, indica la sumatoria de tiempos observados y tiempos estándares tanto por cada tula (50kg) y por unidad con una resultante promedio de 172.85 minutos y 49.44 minutos respectivamente, los datos de operación, transporte, operaciones combinadas y esperas se determinan por el **Anexo I** y diagrama de procesos actual de cada 15 muestras previamente determinadas.

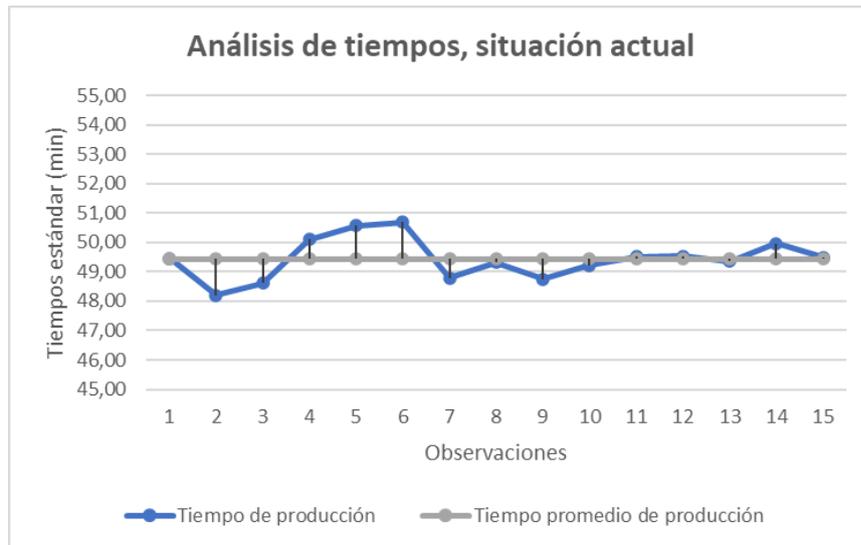
##### 4.6.1 Análisis de tiempo de situación actual

**Tabla 36-4:** Tiempo de producción vs tiempo promedio de producción

	Datos obtenidos de medición de procesos														
	Observación 1	Observación 2	Observación 3	Observación 4	Observación 5	Observación 6	Observación 7	Observación 8	Observación 9	Observación 10	Observación 11	Observación 12	Observación 13	Observación 14	Observación 15
Tiempo de producción	49,45	48,20	48,61	50,09	50,56	50,68	48,78	49,32	48,75	49,22	49,52	49,53	49,36	49,96	49,49
Tiempo promedio de producción	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44	49,44

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 10-4:** Tiempo estándar total

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 10-4, se puede observar la variabilidad existente de la toma obtenida en las 15 observaciones muestrales correspondiente a la unidad de rollo de poliducto que se registraron como muestra en el estudio del proceso.

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo total de producción} &= \text{Tiempo de abastecimiento} + \text{Tiempo de producción} \\
 \text{Tiempo total de producción} &= 49.4 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}
 \end{aligned}$$

El tiempo total de producción por rollo de poliducto es de 49.44 minutos, como resultante para la producción de 180 rollos de poliducto al mes como lo indica la demanda mensual del cliente, se necesita de un tiempo total de 8899.2 minutos, es decir, 148.32 horas donde se agregaría el tiempo de abastecimiento, pero para la situación inicial es de 0 minutos justificando que la fábrica tiene disponible materia prima.

#### 4.6.2 Productividad actual

Para calcular los parámetros de productividad se deben emplear la siguiente información obtenido de la implementación esbelta que se determinó el cómo realizarla mediante la ilustración 16-3 y la tabla 35-3, simplificados en la tabla 37-4 a continuación.

**Tabla 37-4:** Medición del proceso actual

Datos obtenidos		Unidades
Días de trabajo al mes	20	día
Horas de trabajo al día	8	hora
Horas de trabajo al mes	160	hora
Número de unidades elaboradas	165	unidad
Tiempo de ciclo (min/unidad)	57	min/unidad
Tiempo total de producción	9405	min/unidad
Total de producción en horas	156.75	hora
Número de trabajadores	10	unidad

Fuente: (Proceflex, 2022)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

A continuación, se calcula la productividad laboral teniendo en consideración los 180 rollos de poliducto que se manufacturan al mes.

#### 4.6.2.1 Productividad de jornada laboral actual

Para el cálculo de la productividad de la jornada laboral se debe seguir con la fórmula (13), que indica el total de rollos de polímero producidos mensualmente entre el total de horas trabajadas por los operarios para la cantidad de trabajadores presentes en el área de producción de Proceflex.

$$Productividad\ laboral = \frac{total\ de\ unidades\ producidas}{horas - hombre\ trabajadas * \#operarios} \quad (13)$$

$$Productividad\ laboral = \frac{180}{148.32 * 10} = 0.12 \frac{unidades}{hora/trabajador}$$

#### 4.6.2.2 Productividad general de la situación actual

Como lo fue la productividad de jornada laboral, en la obtención de la productividad general se considerar el total de rollos de poliducto fabricados al mes y el tiempo total solicitado descrito en la ecuación (14):

$$Productividad\ general = \frac{total\ de\ unidades\ producidas}{tiempo\ total} \quad (14)$$

$$Productividad\ general = \frac{180}{148.32} = 1.21 \frac{unidades}{hora}$$

Acorde con los resultados obtenidos de la productividad de jornada laboral es de 0.12 rollos de manguera / (hora/trabajador) lo que concluye es suficiente porque satisface la demanda del cliente, aunque, se debe tomar en cuenta que los trabajadores realizan otras actividades como despacho de producto o transporte de producto terminado al punto de venta de Proceflex

(ferretería). La productividad general es de 1.21 unidades por hora consiguiendo una producción de 180 rollos de poliductos mensualmente.

#### 4.6.3 Capacidad de producción del proceso actual

##### 4.6.3.1 Capacidad instalada

$$\text{Capacidad de producción instalada} = \frac{\# \text{ de unidades}}{\text{tiempo}} \quad (15)$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = 1.21 \frac{\text{rollos}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = 194 \frac{\text{unidades}}{\text{mes}}$$

La capacidad de producción solicitada en la situación actual es de 194 rollos de poliductos al mes, considerando las 8 horas laborables en conjunto con los 20 días al mes, logrando determinar que la producción instalada de la fábrica Proceflex es de 2328 unidades al año.

#### 4.7 Tiempos lean actuales

##### 4.7.1 Lead time actual

Para calcular el lead time se debe tomar en consideración los datos lead de abastecimiento, producción y transporte, dichos datos se encuentran explicados en el diagrama de procesos actual o el cuadro resumen plasmados en la tabla 40-4.

$$\text{Lead time} = \text{LT Abastecimiento} + \text{LT transporte} + \text{LT Producción}$$

$$\text{Lead time} = 172.85 \frac{\text{minutos}}{50 \text{ kg}} * \frac{14.3 \text{ kg}}{1 \text{ unidad}} = 49.44 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

El Lead time es de 172.85 minutos por tula (50kg), es decir de 49.44 minutos por unidad, cuya ecuación está conformada por la sumatoria de *lead time* de abastecimiento, *lead time* de producción y de transporte para la fabricación de rollos de poliductos.

##### 4.7.2 Takt time actual

###### 4.7.2.1 Cálculo de tiempo disponible de trabajo

$$(TDT) = \text{horade jornada laboral} + \text{tiempos extra} \quad (16)$$

$$TDT = 8 \text{ horas} + 0 \text{ horas} = 8 \text{ horas} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 480 \text{ minutos}$$

4.7.2.2 Cálculo de tiempos no cíclicos

$$\text{Tiempos no cíclicos (TNC)} = \text{almuerzo} + \text{break} \quad (17)$$

$$TNC = 30 \text{ minutos} + 0 \text{ minutos} = 30 \text{ minutos}$$

4.7.2.3 Cálculo del tiempo real disponible laboral

$$\text{T tiempo real disponible laboral (TRDL)} = \text{TDT} - \text{TNC} \quad (18)$$

$$\text{T tiempo real disponible laboral (TRDL)} = 480 \text{ minutos} - 30 \text{ minutos}$$

$$\text{T tiempo real disponible laboral} = 450 \text{ minutos}$$

La demanda mensual de poliducto poliductos con diámetro de ½ pulgada en calidad sencilla es de 200 unidades.

$$\text{Demanda del } \frac{\text{mercado}}{\text{cliente}} (\text{DMC}) = \frac{180 \text{ rollos}}{20 \text{ días}} = 9 \text{ unidades diárias}$$

4.7.2.4 Cálculo del Takt time

$$\text{Takt time} = \frac{\text{T tiempo real disponible laboral}}{\text{Demanda del mercado/cliente}} \quad (19)$$

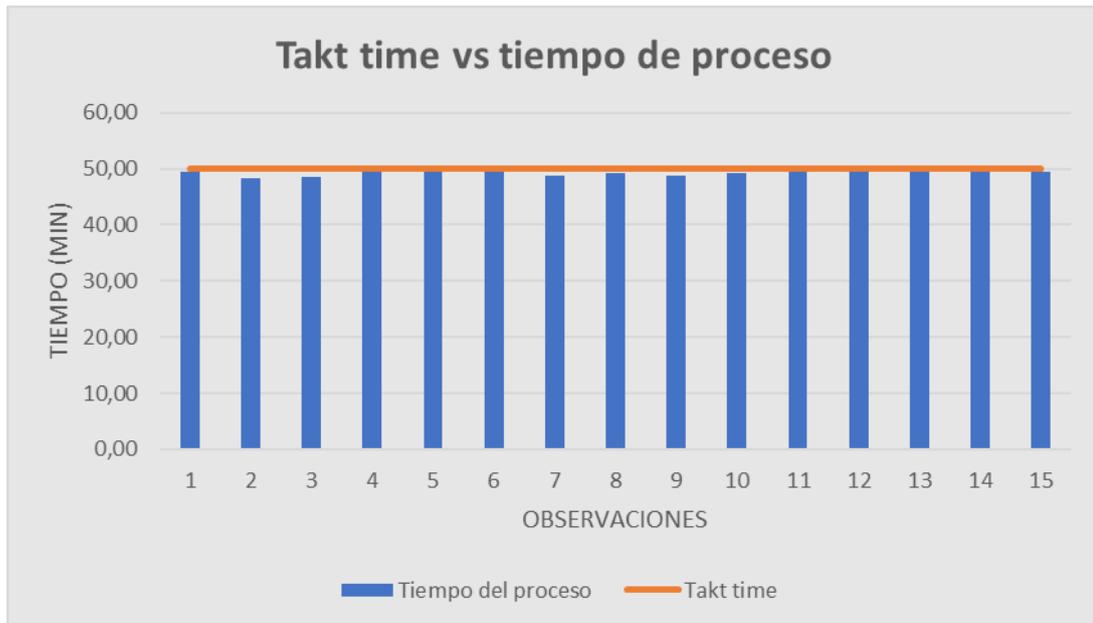
$$\text{Takt time} = \frac{TRDL}{DMC} = \frac{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{9 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}} = 50 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}} = 0.83 \frac{\text{horas}}{\text{unidad}}$$

Los datos que se llevaron a cabo para calcular el tiempo takt nos indica que es la velocidad que debe seguir la producción guiarse para así satisfacer la demanda de los clientes, por ende, las 0.83 horas para fabricar 9 unidades diarias, en relación al tiempo ciclo cumple con la demanda de 180 rollos de poliductos con diámetro de ½ pulgada en calidad sencilla, además teniendo una capacidad de producción establecida de 194 unidades mensuales.

**Tabla 38-4:** Registro de tiempos observados actuales

Registro de tiempos observados en minutos															
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tiempo del proceso	49,45	48,20	48,61	50,09	50,56	50,68	48,78	49,32	48,75	49,22	49,52	49,53	49,36	49,96	49,49
Takt time	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 11-4:** Takt time vs tiempo del proceso actual

Realizado por: Díaz Juan, 2022

En la ilustración 11-4 se puede visualizar que el tiempo ciclo está al nivel o por debajo al tiempo takt, por lo cual se infiere que satisface a la demanda del cliente de unidades al mes con una holgura de 14 unidades.

#### 4.8 Análisis de costos de situación actual

##### 4.8.1 Mano de obra directa (MOD)

**Tabla 39-4:** Costo de mano de obra directa (situación actual)

Proceso	N° Operarios	Salario Básico Unificado	/180[h] Tasa por hora (\$)
Fabricación de rollos	10	4250	23,61
Proceso	(1) Tiempo 180 rollos [h]	(2) Tasa por hora (dólares)	(1)x(2) Costo total MO de 180 rollos (dólares)
Fabricación de rollos	0,82	23,61	19,46
<b>Costo de mano de obra por cada rollo</b>			0,12

Realizado por: Díaz Juan, 2022

##### 4.8.2 Costo de materia prima (MP)

Por confidencialidad de la empresa para el análisis del costo de materia prima se lo hará con base al precio promedio de venta de plástico reciclado de acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador en los últimos años, el monto que se tomará en el estudio será de USD 0,17 ctvs. por kilogramo, como el peso de cada rollo es de 14.3 kg será multiplicado por dicho coste.

**Tabla 40-4:** Costo de materia prima (situación inicial)

Costo de MP por cada rollo (\$)	
Materiales	Costo
Plástico reciclado	2,43
Negro de humo (pigmento)	0,02
Grapas de zunchar	0,03
Correa de zunchar	0,06
Pintura en aerosol	0,01
<b>Costo total</b>	<b>2,55</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.8.3 Costo total

**Tabla 41-4:** Costo total (situación actual)

Costo directo	Costo total (dólares)
MOD	0,12
Materia prima	2,55
<b>Total</b>	<b>2,66</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

Con el costo total obtenido alrededor de 2.66 dólares por cada rollo de poliducto, es multiplicado por las 180 unidades que son producidas por Proceflex se consigue un costo total de 478.8 dólares al mes y 5745.6 dólares americanos.

#### 4.9 Índice Overall Equipment Effectiveness actual

Para el análisis del OEE se realizó la selección en la máquina extrusora (MP-E1) de masa plástica, el valor correspondiente a reparaciones y cambios de producción de tomo de la tabla 17-4, donde se especifica la lubricación de la boquilla o dado extrusor y la calibración horizontal del equipo, pero se eliminó el tiempo perdido de actividades (otros) mediante la herramienta *lean* TPM.

En la parte de eficiencia se eliminó la lubricación de la maquina porque ya cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para realizar en el horario de acuerdo a lo establecido. Finalmente, la calidad se incrementó debido a la disminución de hasta 400 metros de materia procesada diariamente en defectos causado por la máquina extrusora y el operador.

**Tabla 42-4:** Cálculo OEE de la extrusora (MP-E1) actual

PROCEFLEX		
Cálculo del OEE		
Máquina: Extrusora MP-E1		Fecha: 2022-07-17
Turno: 1		Producto: Poliducto
Tiempo de producción	Tiempo total (minutos)	480.00
	Tiempo disponible (minutos)	450.00
	Tiempo operativo (horas)	6.67
	Tiempo operativo (minutos)	400.00
Disponibilidad	Reparaciones y cambios de productos (minutos)	50.00
	Tasa de disponibilidad	89%
Producción	Producción real (rollo)	10.50
	Velocidad de producción (rollos/hora)	1.10
	Producción teórica (rollo)	10.00
Eficiencia	Paros menores y reducción de velocidad (minutos)	6.00
	Tiempo eficiente (minutos)	394.00
	Tasa de eficiencia	95%
Calidad	Materia defectuosa (rollo)	1.00
	Tasa de calidad	90%
<b>OEE = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad</b>		<b>76.40%</b>

Fuente: Proceflex, 2022

Realizado por: Díaz Juan, 2022

La postura actual de esta máquina da referencia a los defectos se presenta en la tabla 42-4, indicando que el coeficiente de disponibilidad es de 89%, la tasa de producción es de 95% y en la tasa de calidad es del 90% lo que refleja un valor aceptable competentemente para el indicador OEE concluyendo un 76.4 %.

El porcentaje OEE inicial fue del 32% pero con ayuda de la implementación lean dicho índice aumento significativamente a mas del doble de su valor indicial como se plasma en la tablas 14-4, especialmente en la tasa de calidad donde se producía hasta 500 metros de material defectuoso diarios, pasó en disminuir hasta un aproximado 100 a 12 metros de material procesado con errores

#### 4.10 Aplicación de la prueba no paramétrica de Mann-Whitney

A través del empleo de la prueba no paramétrica de *mann-whitney* con el fin de determinar y verificar si los 15 datos medidos durante la situación inicial y el entorno actual de la investigación dentro del área de producción de la fábrica Proceflex son aceptables, en otras palabras, si la ejecución de herramientas *lean* lograron una mejora en la línea de producción de poliductos.

Para ello se utiliza el registro de tiempos estándares en la situación inicial y la situación actual, resumidos en la tabla 42-4 a continuación.

**Tabla 43-4:** Registro de tiempos inicial y actual

Tiempos empleados (minutos)		
Nº	Sin implementación	Con implementación
1	67,37	49,45
2	66,89	48,20
3	64,39	48,61
4	65,11	50,09
5	65,32	50,56
6	63,98	50,68
7	65,55	48,78
8	67,00	49,32
9	66,40	48,75
10	66,82	49,22
11	66,10	49,52
12	66,55	49,53
13	64,88	49,36
14	66,64	49,96
15	66,92	49,49
<b>Media</b>	<b>65,99</b>	<b>49,44</b>

Fuente: Proceflex, 2022

Realizado por: Díaz Juan, 2022

La prueba no paramétrica que analiza datos cuantitativos expone que debemos obtener rangos (R1 y R2) mediante el orden de las muestras sin implementación *lean* y con implementación *lean* de menor a mayor para así asignarlos con la enumeración correspondiente, luego deben ser ubicados en la tabla 44-4 como se describe a continuación:

**Tabla 44-4:** Tiempos empleados ordenados en R1 y R2

Tiempos empleados (minutos)				
Nº	Sin implementa	Rango (R1)	Con implementa	Rango (R2)
1	64,0	16	48,2	1
2	64,4	17	48,6	2
3	64,9	18	48,8	3,5
4	65,1	19	48,8	3,5
5	65,3	20	49,2	5
6	65,6	21	49,3	6
7	66,1	22	49,4	7,5
8	66,4	23	49,4	7,5
9	66,6	24,5	49,5	9
10	66,6	24,5	49,5	9
11	66,8	26	49,5	9
12	66,9	27,5	50,0	12
13	66,9	27,5	50,1	13
14	67,0	29	50,6	14
15	67,4	30	50,7	15
<b>Sumatoria</b>		<b>345,0</b>		<b>117,0</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.10.1 Planteamiento de hipótesis Mann-Whitney

Seguidamente se proponen las hipótesis en función del estudio realizado:

$$H_0 = \text{No existe diferencia entre los datos registrados de la situación actual}$$
$$H_a = \text{Existe diferencia entre los datos registrados del sistema lean presente}$$

#### 4.10.2 Cálculo de valores $U_1$ y $U_2$

$$U_1 = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - \sum R_1 \quad (20)$$

$$U_1 = 15 * 15 + \frac{15(15 + 1)}{2} - (345)$$

$$U_1 = 0$$

$$U_2 = n_1 * n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - \sum R_2 \quad (20)$$

$$U_2 = 15 * 15 + \frac{15(15 + 1)}{2} - (117)$$

$$U_2 = 228$$

Se elige el valor mínimo entre los valores  $U_1$  y  $U_2$

$$U_{\min} = 0$$

#### 4.10.3 Comparación de valores calculados con valores críticos

Con ayuda de la tabla de *Mann-Whitney* plasma los valores críticos de U en relación de la cifra de muestras en los grupos con y sin implementación, con el grado de confianza del 95%, obteniendo la cifra de 64 como se puede evidenciar en la tabla 45-4 a continuación

**Tabla 45-4:** Prueba de Mann-Whitney

PRUEBA DE MANN - WITNEY	$\alpha=0.05$
Valores críticos de U*	$\alpha=0.01$

(U exp = min entre U1 , U2 ) Rechazo de Ho si U exp  $\leq$  U crítico  
(n2  $\geq$  n1)

n <sub>2</sub> n <sub>1</sub>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2							0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2
3				0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
4			0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	13
5		0	1	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20
6		1	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27
7		1	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
8	0	2	4	6	8	10	13	15	17	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41
9	0	2	4	7	10	12	15	17	20	23	26	28	31	34	37	39	42	45	48
10	0	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	33	36	39	42	45	48	52	55
11	0	3	6	9	13	16	19	23	26	30	33	37	40	44	47	51	56	58	62
12	1	4	7	11	14	18	22	26	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69
13	1	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41	45	50	54	59	63	67	72	76
14	1	5	9	13	17	22	26	31	36	40	45	50	55	59	64	67	74	78	83
15	1	5	10	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	75	80	85	90
16	1	6	11	15	21	26	31	37	42	47	53	59	64	70	75	81	86	92	98

Fuente: (Gonzalez-Sabate, 2009)

Realizado por: Díaz Juan, 2022

#### 4.10.4 Evaluación de hipótesis

El valor calculado es 0 y el valor crítico es 64, es decir, si  $0 < 64$ , la hipótesis nula es rechazada por lo tanto la hipótesis alternativa es aceptada. Concluyendo, los datos con implementación en Proceflex son adecuados, por ende, al implementar de herramientas lean mejoraron el proceso productivo de rollos de poliductos.

#### 4.11 Verificación de resultados

##### 4.11.1 Análisis descriptivo

Posteriormente de haber implementado las herramientas *lean manufacturing* como el método de diagnóstico VSM, la metodología 5'S y el plan de mantenimiento preventivo en base al TPM en la fábrica de poliductos Proceflex, se logró establecer dificultades en cada estación de trabajo acorde en la línea de producción de rollos de mangueras, en la recepción de materia prima (50 kg de plástico reciclado), aglutinado, sedimentación o lavado, mesclado, extrusión, reproceso,

trituration, tensado y almacenaje, donde fueron optimizados a través de nuevas técnicas y procedimientos de trabajo, disminuyendo tiempos que no agregan valor al producto terminado, un mejor ambiente de trabajo con orden y limpieza, también una guía de procedimiento y control de mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos generando conciencia y entendimiento a las personas involucradas dentro del área de producción.

#### 4.11.2 Análisis cuantitativo

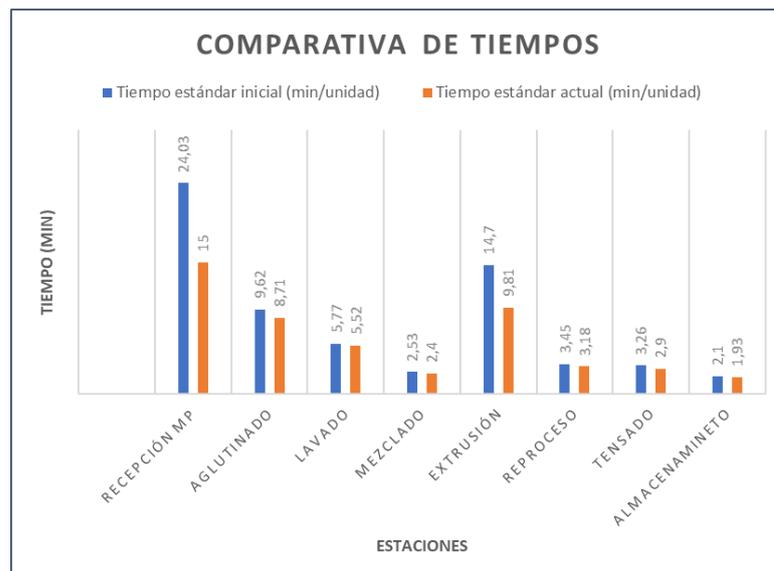
##### 4.11.2.1 Tiempo inicial vs tiempo actual en el área de producción

Seguidamente, se ostentará los tiempos de situación inicial vs la situación actual de cada estación o subproceso en el área de producción, detallada en la siguiente tabla 46-4.

**Tabla 46-4:** Tiempos estándares iniciales vs actuales

Estación	Tiempo estándar inicial (min/unidad)	Tiempo estándar actual (min/unidad)
Recepción Mp	24,03	15
Aglutinado	9,62	8,71
Lavado	5,77	5,52
Mezclado	2,53	2,4
Extrusión	14,7	9,81
Reproceso	3,45	3,18
Tensado	3,26	2,9
Almacenamiento	2,1	1,93

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 12-4:** Comparativa de tiempos

Realizado por: Díaz Juan, 2022

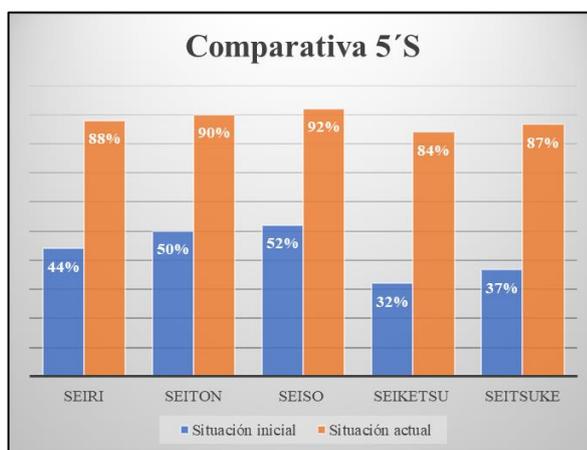
En la ilustración 12-4 muestra la disminución de tiempo estándar de cada estación del proceso, especialmente en el subproceso de recepción de materia y extrusión de polímero con un tiempo reducido de 7.46 minutos y 3.94 minutos respectivamente en la manufactura por cada unidad.

#### 4.11.2.2 Situación inicial 5S vs situación actual 5S

**Tabla 47-4:** Comparativa de las 5'S

5'S	Situación inicial	Situación actual
<b>Seiri</b>	44%	88%
<b>Seiton</b>	50%	90%
<b>Seiso</b>	52%	92%
<b>Seiketsu</b>	32%	84%
<b>Seitsuke</b>	37%	87%

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 13-4:** Comparativa 5'S

Realizado por: Díaz Juan, 2022

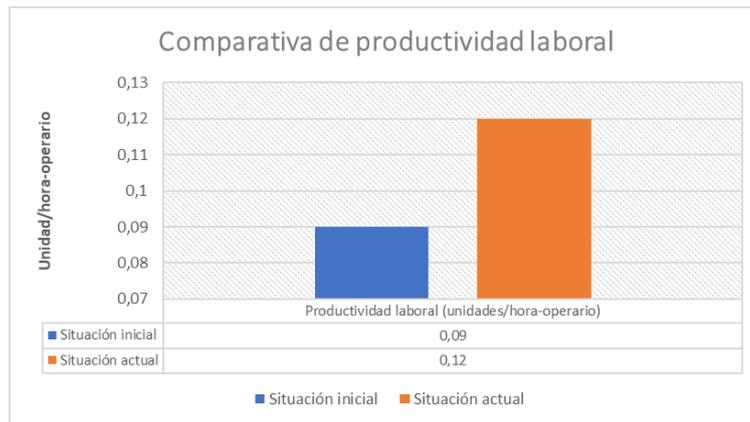
En la ilustración 13-4, nos indica la diferencia que existe el antes y el ahora de las auditorías aplicadas en el área de producción con un aumento considerable en la fase de *Seiri* con diferencia del 44%, la etapa *Seiton* de 40% mejorado, la fase *Seiso* ascendió un valor del 40%, la etapa *Seiketsu* es la de mayor rango de progreso con el 52% y finalmente la fase de *Seitsuke* con una optimización del 50%.

#### 4.11.2.3 Incremento de la productividad

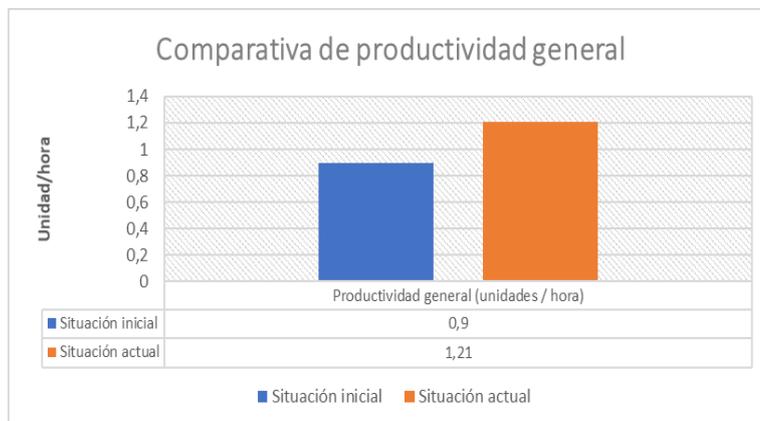
**Tabla 48-4:** Comparativa de la productividad

	Situación inicial		Situación actual	
Productividad laboral (unidades/hora-operario)	0,09		0,12	
Productividad general (unidades / hora)	0,9		1,21	
Producción mensual	159,5 horas	145 unidades	148,32 horas	180 - 190 unidades

Elaborado por: (Díaz Juan, 2022)



**Ilustración 14-4:** Comparativa de productividad laboral  
**Realizado por:** Díaz Juan, 2022



**Ilustración 15-4:** Comparativa de productividad general  
**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

De acuerdo con la ilustración 14-4, existe un incremento de la productividad laboral de 0.03 unidades por hora/operario, es decir, con la implementación de herramientas lean, los trabajadores laboran 3 unidades más de lo acostumbrado, de igual manera la productividad general logró un crecimiento del 25.62% en unidades por hora de trabajo.

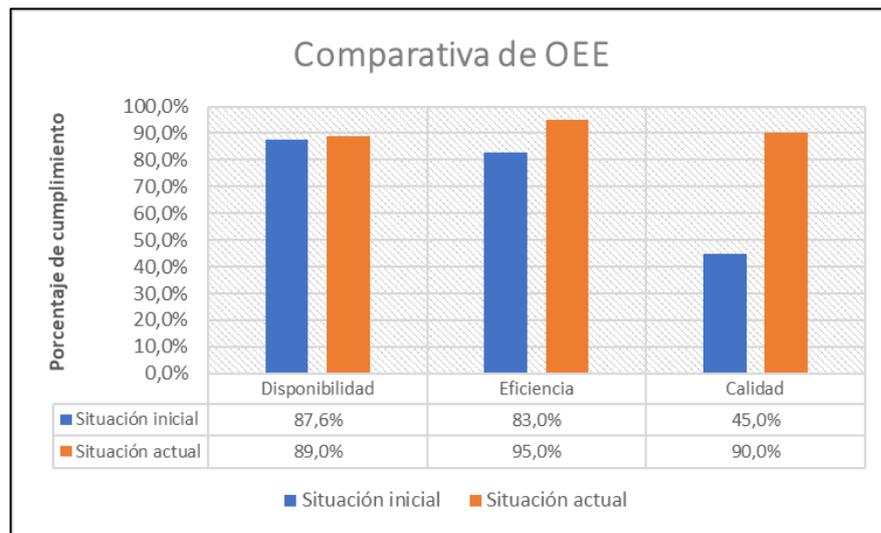
En la tabla 48-4 también describe que no solo el tiempo de producción mensual disminuyó 11.18 horas, aumento en 35 - 45 unidades más, cumpliendo con la demanda del cliente de 180 rollos por mes.

4.11.2.4 Indicador OEE inicial vs OEE actual

**Tabla 49-4:** Comparativa del índice OEE

Índice Overall Equipment Effectiveness		
	Situación inicial	Situación actual
Disponibilidad	87,6%	89,0%
Eficiencia	83,0%	95,0%
Calidad	45,0%	90,0%
<b>OEE</b>	<b>32,7%</b>	<b>76,1%</b>

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 16-4:** Comparativa del índice OEE

Realizado por: Díaz Juan, 2022

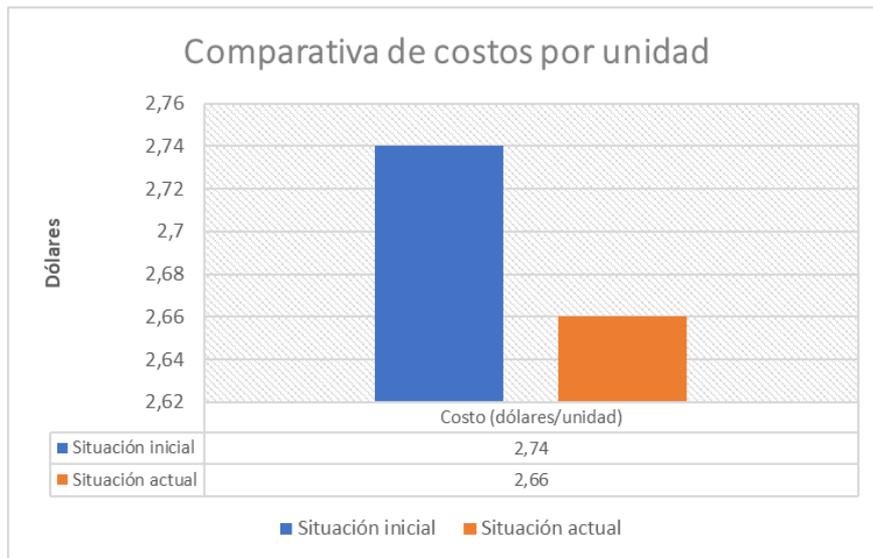
La ilustración 16-4, muestra la diferencia al momento de contrastar la situación inicial y actual del indicador OEE en la máquina extrusora, la cual es la que producía defectos, la tasa de disponibilidad no obtuvo un cambio significativo con un aumento del 1.4%, la tasa de eficiencia incrementó un 13% pero, el índice de calidad donde estaba en un 45% ascendió al 90%, es decir disminuyó la cantidad de 4 -5 rollo defectuoso (500 metros) a 1 rollo de 100 metros con anomalías para ser reprocesado.

4.11.2.5 Costos

**Tabla 50-4:** Comparativa de costos

Costos	Situación inicial	Situación actual
Costo (dólares/unidad)	2,74	2,66

Realizado por: Díaz Juan, 2022



**Ilustración 17-4:** Comparativa de costos por unidad

**Realizado por:** Díaz Juan, 2022

En la ilustración 17-4, plasma el decremento de costo por unidad fabricada un total de USD 0.08 ctvs., es decir cuesta manufacturar un rollo de poliducto de ½ pulgada de diámetro de calidad sencilla un 2.9 % menos antes de la implementación esbelta.

## CONCLUSIONES

Mediante el diagnóstico de la herramienta VSM, se conoció las actividades dentro de la línea de producción de Proceflex como son las operaciones, transportes, esperas, operaciones combinadas y almacenamiento, detectando desperdicios de tiempos en el subproceso de recepción de materia prima que no añaden valor al producto terminado; estableciendo un punto de partida para la implementación de las demás herramientas lean.

Se evaluó el nivel inicial de 5´S a través de cuestionarios y la auditoria inicial (cheqt list) donde se obtiene porcentajes de cumplimiento en Seiri (44%), Seiton (50%), Seiso (52%), Seiketsu (32%) y Seitsuke (37%), alcanzando una tasa de evaluación del 42%, lo cual es un indicador que las circunstancias de orden y limpieza no son los adecuados, proponiendo la implementación de la herramienta 5´S.

En las instalaciones de Proceflex con el uso de métodos de análisis en movimientos y tiempos observados de cada estación se normalizó el proceso inicial con un tiempo estándar de 66 minutos por rollo de poliducto de ½ en calidad sencilla, generando 145 unidades mensualmente, a su vez se conoció más a detalle las actividades en cada puesto de trabajo.

Aplicando los pilares de la metodología TPM enfocados en la seguridad, capacitación y mantenimientos planificados, se elaboró planes de mantenimientos preventivos para aglutinadoras, mezcladoras, extrusora, compresor de aire, máquinas de conteo y trituradora con el fin de eliminar los paros inesperados y defectos que provienen esencialmente de la máquina extrusora siendo calificada por el índice OEE.

En la evaluación de la auditoria actual o mejorada sobre las 5´S, después de ser implementada dicha herramienta lean se alcanzó porcentajes elevados en comparación a la situación inicial como se describe a continuación: Seiri (88%), Seiton (90%), Seiso (92%), Seiketsu (84%) y Seitsuke (87%), alcanzando una tasa de evaluación del 88%, claramente una mejora de orden y limpieza del establecimiento manufacturero.

Al implementarse los planes de mantenimientos preventivos en cada máquina de la línea de producción se observó la diferencia mediante el indicador Overall Equipment Effectiveness iniciando del 32.85% hasta alcanzar el 76.4% infiriendo en tener buena competitividad mejorando la tasa de disponibilidad, eficiencia y calidad en la máquina extrusora.

El tiempo estándar en la producción de mangueras inicial fue de 66 minutos por unidad, es decir, se producía 145 rollos de manguera cada mes con una demanda del cliente de 180 productos mensuales, pero con la implementación de la metodología 5'S y TPM se alcanzó a reducir el tiempo estándar a 49.44 minutos por unidad no solo satisfaciendo la demanda con 180 unidades sino en aumentar la capacidad de producción a 194 unidades mensualmente.

Con la aplicación de las metodologías lean empleadas en la fábrica Proceflex se logró un incremento de la productividad del 34.44 % al producir 0.9 unidad por hora a 1.21 unidades cada hora. Consecuentemente el precio por rollo de poliducto disminuyó en 0.08 ctvs., es decir, un 3 por ciento menos al momento de fabricarlos.

Mediante la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* a través de los 15 tiempos observados, se determinó que al implementar herramientas de manufactura esbelta al proceso de Proceflex existe diferencia entre la situación inicial vs situación actual, es decir estas metodologías han tenido un cambio significativo optimizando el proceso.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio VSM anualmente para conocer la situación actual del proceso y encontrar posibles desperdicios *lean* que están surgiendo durante el año de manufactura, consecuentemente se reprimirá los efectos perjudiciales para la fábrica.

Realizar auditorías periódicamente para asegurar el cumplimiento 5'S implementado, como lo es el comité de 5'S explicado en *Seitsuke*, donde los integrantes cumplen con los conocimientos específicos, experiencia en las actividades del proceso y capacitación sobre la metodología de manufactura esbelta.

Los operarios son un fragmento esencial en la manufactura de Proceflex, por ende, es importante en la asignación de equipos de protección personal, acorde a la necesidad y procedimientos que ejecute el trabajador para que continúe un trabajo eficaz en escenarios seguros, de la misma forma los operarios deben mantener ubicados y limpios sus EPP generando un mejor estatus de la empresa Proceflex a su distinguida clientela.

Diseñar un sistema de motivación a los operarios y capacitación en la importancia del uso diario de los EPP cuando se realiza las actividades dentro de la fábrica, evitando posibles accidentes o enfermedades laborales en el futuro.

En lugares de transporte o flujo de materia prima y procesada se recomienda mantener el orden referente en la ubicación de los gránulos plásticos en sus respectivas tulas o lugares asignados como lo explica el manual de limpieza y orden, evitando tiempos que atrasen el proceso disminuyendo el riesgo de accidentes laborales ya que el coeficiente de rozamiento de estos granos plásticos es bastante bajo.

Recomiendo llevar el formato de control en la realización de actividades sobre el mantenimiento preventivo pertinente en archivos físico como digitales según lo estipulado en la implementación TPM, ya que dará una perspectiva más concreta en posibles decisiones a futuro sobre cambios o renovaciones de equipos para la empresa.

En el área de recepción de materia prima y almacenamiento de producto terminado específicamente se recomienda la aplicación de líneas de seguridad tanto en máquinas como los sitios idóneos para la colocación de materia procesada que será trasladada a la estación siguiente, lo cual fomentará un curso fluido de actividades y a su vez mitigará tiempos que no agreguen valor al proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

**CORDERO, Rivadeneira. L. F.,** *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores* [blog]. Quito - Ecuador: Gobierno ecuatoriano (Gob.ec), 2003. [Consulta: 13 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento\\_Reglamento-Interno-Seguridad-Ocupacional-Decreto-Ejecutivo-2393\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_Reglamento-Interno-Seguridad-Ocupacional-Decreto-Ejecutivo-2393_0.pdf)

**DÍAZ, Valladares. C. A.** *Manual informativo de la ingeniería de métodos* [en línea]. Primera edición. Lima-Perú: Fondo editorial Universidad Continental., 2014. [Consulta: 20 noviembre 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cristianyovanicatalanmendoza/ingenieria-de-metodos-universidad-continental>.

**ESCUELA DE LEAN MANAGEMENT.** *Indicador OEE: Lean en mantenimiento* [blog]. Sevilla - España. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://www.escuelalean.es/disponibilidad-equipos-oee-mantenimiento/>

**FLEXIPLAST.** *La industria del plástico en Ecuador, innova* [blog]. Quito-Ecuador: Revista Líderes, 2018. [Consulta: 11 de diciembre de 2021], Disponible en: <https://www.flexiplast.com/web/la-industria-del-plastico-se-mueve-al-ritmo-de-unas-600-empresas/#>

**GALLARÁ, Iván. & PONTELLI, Daniel.** *Mantenimiento industrial.* [en línea]. Primera edición. Córdoba - Argentina: Editorial Científica Universitaria UNIVERSITAS, 2019. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/172527>

**GONZÁLEZ, Sabaté. L. et al.** *Tablas estadísticas* [blog]. Barcelona – España, 2009. [Consulta: 14 junio de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/235780351\\_Tablas\\_Estadisticas](https://www.researchgate.net/publication/235780351_Tablas_Estadisticas)

**GONZÁLEZ, Torres. A. et al.** " Implementación del OEE como herramienta de mejora continua aplicada a una línea de producción". *Revista de Docencia e Investigación Educativa* [en línea], 2016, (España) volumen (2) nº 6, pp.1-7. [Consulta: 10 febrero 2022]. ISSN 2444-4952 Disponible en: [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa/vol2num6/Revista\\_de\\_Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa\\_V2\\_N6.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia_e_Investigacion_Educativa/vol2num6/Revista_de_Docencia_e_Investigacion_Educativa_V2_N6.pdf)

**GARCÍA, Criollo. R.** *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Segunda edición. Puebla-México: McGrawHill., 2005. ISBN: 970-10-4657-9, pp. 206-207.

**HERNÁNDEZ, Matías. J. C.; & VIZÁN, Idoipe. A.** *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. [en línea]. Primera edición. Madrid - España: Escuela de Organización Industrial (EIO), 2013. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.

**IBARRA, Balderas. V. M.; & BALLESTEROS, Medina. L.** "Manufactura esbelta". *Conciencia tecnológica*, n° 53, (2017), (México) pp. 54-58. [Consulta: 30 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94453640004/html/>

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN.** *Símbolos gráficos, colores de seguridad y señales de seguridad* [blog]. Ecuador, 2013. [Consulta: 13 junio de 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/39588737/NTE\\_INEN\\_ISO\\_3864\\_1\\_2013\\_simbolos\\_graficos\\_colores\\_de\\_seguridad\\_y\\_senales](https://www.academia.edu/39588737/NTE_INEN_ISO_3864_1_2013_simbolos_graficos_colores_de_seguridad_y_senales)

**LEZANA, Ucelo. A. R.** Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa ALTENVASA. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad San Carlos de Guatemala, (Mecánica Industrial). Guatemala, 2008. pp. 20-22. [Consulta: 7 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1980\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1980_IN.pdf)

**LÍDERES,** *La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas* [blog]. Quito-Ecuador: Revista Líderes, 2018. [Consulta: 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>

**LÓPEZ, Briones. J. M.** Diseño de un sistema TPM para el mejoramiento de la calidad de los procesos de las áreas de comercial, compras, bodega y técnica de la empresa Frigoro. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Guayaquil, (Industrial). Guayaquil - Ecuador, 2021. p. 8. [Consulta: 9 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/51862/1/LOPEZ%20BRIONES%20JEAN%20MICHAEL.pdf>

**MAIZANCHO, Andrango, B. R.** Mejoramiento del proceso de producción de queso en la empresa lácteos “La Esencia” mediante herramientas de manufactura esbelta. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad Técnica de Ambato, (Industrial en Procesos de Automatización). Ambato, Ecuador, 2021. pp. 7 - 29. [Consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32720/1/t1809id.pdf>

**MUGMAL, Iles, J. C.** Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa florícola Lottus Flowers. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad Técnica del Norte, (Industrial). Ibarra, Ecuador, 2017. pp. 24-26. [Consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6331/1/04%20IND%20081%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

**NIEBEL, B. W.; & FREIVALDS, A.** *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo* [en línea]. Duodécima edición. México D. F. - México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V., 2009. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://anyflip.com/kjptl/oypy/basic>.

**NIETO, Vecino, P.** Lean manufacturing: revisión histórica. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Valladolid, (Electrónica industrial y automática). Valladolid, España, 2019. pp. 55-57. [Consulta: 14 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/228073973.pdf>

**NUTZ, Nadja. & SIEVERS, Merten.** *Guía general para el desarrollo de cadenas de valor.* [en línea]. Primera edición. Ginebra - Suiza: Organización Internacional del Trabajo, 2017. [Consulta: 30 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---emp\\_ent/---ifp\\_seed/documents/instructionalmaterial/wcms\\_541432.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_541432.pdf)

**PÁEZ, Zamora, C. A.** Estandarización del proceso en la línea de soldadura para la producción del automóvil marca ZOTYE modelo T-600 en la empresa Ciauto Cía. Ltda. en la ciudad de Ambato. (Trabajo de titulación). [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Industrial). Riobamba, Ecuador, 2018. pp.11-20. [Consulta: 12 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9595/1/85T00503.pdf>

**PALACIOS, Acero. L. C.** *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Segunda edición. Bogotá-Colombia: ECOE Ediciones Ltda., 2016. ISBN: 978-958-771-342-8, pp. 111-296.

**PATIL, A. S.; et al.** " Aplicación del mapeo de flujos de valor para mejorar la productividad al reducir el tiempo de entrega de fabricación en una empresa de fabricación: un estudio de caso". Scielo, (2021), (México) n° 19, pp. 31-52. [Consulta: 10 enero 2022]. ISSN 2448-6736. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-64232021000100011&lang=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-64232021000100011&lang=es)

**PULIDO, Gutiérrez. H. & SALAZAR, De la Vara. R.** *Control estadístico de calidad y seis sigma*. [en línea]. Segunda edición. México D.F. - México: Mc Graw Hill Educación, 2010. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

**RAJADELL, Sánchez. M. & SÁNCHEZ, García. J. L.** *Lean manufacturing*. [en línea]. Primera edición. Madrid-España: Díaz de Santos, 2010. [Consulta: 30 diciembre 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=IR2xgsdmdUoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs\\_bge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=IR2xgsdmdUoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

**RODRIGUEZ, Pinell, R. E.; et al.** Mejoramiento del proceso de producción de queso en la empresa lácteos “La Esencia” mediante herramientas de manufactura esbelta. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua, (Industrial). Managua, Nicaragua, 2020. p. 30. [Consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/13424/1/20060.pdf>

**ROTHENBACH, Gavilanes, M. F.** Optimización de los procesos de la línea de enlatados en la empresa SIPA S.A por medio de la metodología VSM. (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de las Américas, (Producción Industrial). Quito, Ecuador, 2017. p.16 [Consulta: 23 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8215/1/UDLA-EC-TIPI-2017-29.pdf>

**SOCCONINI, Pérez L. V.** *Lean Manufacturing, paso a paso*. [en línea]. Primera edición. Barcelona - España: Marge Books, 2019a. [Consulta: 29 noviembre 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/117567/>

**SOCCONINI, Pérez L. V.** *Lean company: Más allá de la manufactura.* [en línea]. Primera edición. Barcelona - España: Marge Books, 2019b. [Consulta: 29 noviembre 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/117565/>

**SOCCONINI, Pérez L. V. & REATO, C.** *Lean Six Sigma: Sistema de gestión para liderar empresas.* [en línea]. Primera edición. Barcelona - España: Marge Books, 2019. [Consulta: 29 noviembre 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/117568/>

**VELA, Andres.** *Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje* [blog]. España: National Geographic, 2021. [Consulta: 16 de enero 2022]. Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje\\_12714](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714)

## **ANEXOS**